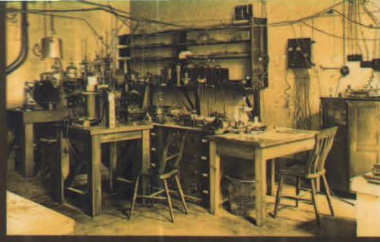
Rom Harré BÜYÜK BİLİMSEL DENEYLER

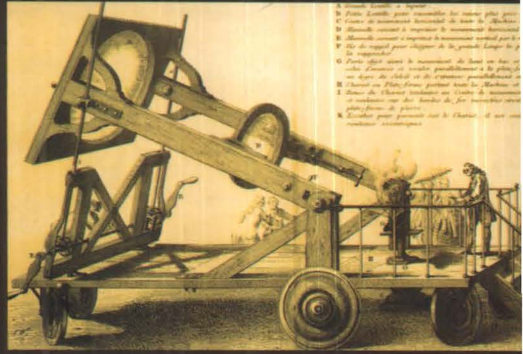


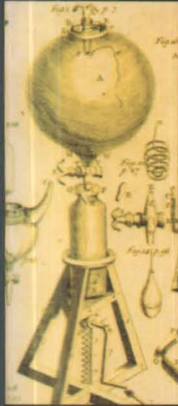












Rom Harré

BÜYÜK BİLİMSEL DENEYLER

Dünyaya Bakışımızı Değiştiren Yirmi Deney





say

BÜYÜK BİLİMSEL DENEYLER

Dünyaya Bakışımızı Değiştiren Yirmi Deney

Rom Harré (d. 1927)

Saygın bir İngiliz felsefeci, psikolog, matematikçi ve biyologdur. Oxford Üniversitesi, Georgetown Üniversitesi ve Washington'daki Amerika Üniversitesi'nde profesörlük yapmıştır.

BÜYÜK BİLİMSEL DENEYLER

Dünyaya Bakışımızı Değiştiren Yirmi Deney

Rom Harré

İngilizceden çeviren:
Sinan Kılıç

say

Say Yayınları
Popüler Bilim Dizisi

Büyük Bilimsel Deneyler:
Dünyaya Bakışımızı Değiştiren Yirmi Deney / Rom Harré
Özgün adı: *Great Scientific Experiments: Twenty Experiments that Changed our View of the World*

Bu kitap ilk kez, *Great Scientific Experiments: Twenty Experiments that Changed our View of the World* başlığıyla İngilizce olarak yayımlanmıştır. Yazan: Rom Harré.

Biagi Rights Management ve Anatolialit Ajans aracılığıyla yayımlanmıştır.

ISBN 978-605-02-0341-7
Sertifika no: 10962

İngilizceden çeviren: Sinan Kılıç
Yayın koordinatörü: Levent Çeviker
Editör: Sinan Köseoğlu
Kapak tasarımı: Artemis İren

Baskı: Gülmat Matbaacılık
Topkapı / İstanbul
Tel.: (0212) 577 79 77
Matbaa sertifika no: 18005

Önceki baskılar: TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları
Say Yayınları'nda 1. baskı, 2014

Say Yayınları
Ankara Cad. 22/12 • TR-34110 Sirkeci-İstanbul
Telefon: (0212) 512 21 58 • Faks: (0212) 512 50 80
www.sayyayincilik.com • e-posta: say@sayyayincilik.com
www.facebook.com/sayyayinlari • www.twitter.com/sayyayinlari

Genel Dağıtım: Say Dağıtım Ltd. Şti.
Ankara Cad. 22/4 • TR-34110 Sirkeci-İstanbul
Telefon: (0212) 528 17 54 • Faks: (0212) 512 50 80
internet satış: www.saykitap.com • e-posta: dagitim@saykitap.com

İÇİNDEKİLER

Önsöz

En son biçimi ile bu kitabı, yalnızca yirmi öykü anlatmak için değil, aynı zamanda deneylerin bilimdeki çeşitli rollerini göstermek için tasarladım. Birçok alan ve tarihsel dönemden alınmış deneylerin önemini, okuyucunun bilimsel önbilgisine ilişkin bazı varsayımlarda bulunmaksızın açıklamak olanaksız. Bir yandan her şeyi olabildiğince açık kılmaya çalışırken, öte yandan doğabilimleriyle tanışıklığı olan okura seslendiğimi düşündüm. Herhangi bir zamanda, herhangi bir okulda, genel hatlarıyla bilimsel eğitim almış bir okuyucuyu göz önünde bulundurdum. Bilime ilişkin tarihsel ve felsefi yapıtlar, yalnızca deneylerle kuramlar arasında bağlantı kurmaya yönelik olmayıp, bunların ortaya çıktıkları dönemin toplumsal-kültürel zeminiyle de ilişki kurmalıdırlar. Toplumsal etmenler, sözgelimi bir çağın ekonomik gerekleri, bilimadamları topluluğunun ilgisini, şu ya da bu soruna değil, belirli bir soruna yöneltmekle kalmaz, kuramların temelinde yatan dünya tasarımlarını da etkiler. Bilimin toplumsal tarihiyle ilgilenen kimi düşünürler, deneylerin başarılı ya da başarısız, kuramların doğru ya da yanlış diye yargılandığı ölçütlerin bile "dışsal" etmenler tarafından belirlendiklerini savunuyorlar.

Sağduyu her ne kadar bir toplum ile o toplumun bilimi arasında etkileşimler olduğu düşüncesini desteklese de, bunların ayrıntılarını somut biçimleriyle ortaya koymanın güçlü-

ğü ortadadır. Bir dönemin, üzerinde odaklandığı temaları dışa vurma tarzını saptamak yetmez; bu temaların kendi aralarındaki ilişkileri, dönemin parlak zekâlarında belirişlerini de bulmak gerekir, yaratma sürecinin kendisiyle ilgili akla yatkın varsayımlar da geliştirmek gerekir. Şimdiye dek hiç kimse, somut bir bilimsel eseri, özgün toplumsal bağlarıyla ortaya koyup eser üzerindeki etkileri bütünsel dille anlatamadı. Bu kitapta betimlenen deneyler ile deney yapmayı gerekli gören bilimadamının yaşadığı dönemin toplumsal koşulları arasında ilişki kurulması, ayrı bir incelemeyi gerektirir. Deneylere ilgim, tarihsel olmaktan çok, felsefi olduğundan, ayrıca anlatılanların tüm ayrıntılarıyla kavranabilmesi için çok daha fazlasının gerektiğini bildiğimden, her deneyi doğrudan bilimsel bağlamıyla açıkladım.

Betimlemenin sağınlığı ve genel anlaşılırlık düzeyini saptamamda Bernard Dod, Dr. I. J. R. Aitchison ve Dr. B. Cox'un büyük yardımları oldu. Eleştirileri ve yardımları için onlara teşekkür borçluyum. Resimli örnekleri *Oxford Museum of the History of Science*'tan Dr. W. Hackmann seçti.

Linacre College, Oxford Temmuz 1980

Giriş

Deneylerin birçok büyüleyici yanı vardır. Birer sanat eseri gibi duran deney araçları, başlı başına bir çekiciliğe sahiptir. Bir dizi kimyasal gereç ve elektrik aygıtlarından oluşan deney düzeneklerimin varlığı karşısında duyduğum hazzı çok iyi anımsıyorum. Donanımın kullanılmasında ise, gizemli gerçekliğin anlık yakalanışını... Babam ile birlikte "brom" hazırladığımız geceyi o günkü canlılığıyla anımsıyorum. Henüz dokuz yaşındaydım. Deneyin tamamlanması için gereken sürenin uzunluğu yüzünden, daha işin başında, uyku saati konusunda pazarlığa girmemiz gerekmişti. İspirto lambasının hafifçe ısıttığı aygıt, mutfak masasının üzerine kuruluydu. Derken birdenbire kırmızımsı kahverengi bir sıvı, imbiğin dibinde yoğunlaşmaya başladı. Başlarken kullandığımız, pek umut vaat etmeyen maddelerden oluşan karışımdan bir şeyler çıkıyordu. Sonrası, deneyin başarısından gelen özel bir güç duygusuydu.

Deney aygıtlarıyla uğraşmanın müthiş etkileyici bir yanı var. Galvanometrenin bir akımı kaydetmesinde ya da bir sıvının topaklaşmış tortusunun pıhtılaşmasında insan, doğa güçlerinin kendi iradesinin emrine sunulduğunu duyumsar. Deney yapmanın romantik yanıdır bu. Sanırım bir okul çocuğu olarak kendim ve etkinliklerim hakkında, evrensel çapta düşünen uzun deneyciler zinciri arasında bir yoldaşlık duygusu buluyorum. Hıristiyanlığın ilk yüzyıllarından günümü-

ze kadar gelen bilimsel yapıtlarda da, efsanevi bilimadamı Hermes Trismegistus'a atfedilen İskenderiye döneminden kalan yapıtlarda da aynı heyecanın yaşandığını görmek mümkündür. Bu, Michael Faraday'ın derin uslamlamaları sırasında bir an için, bir kıvılcım çaktığında ortaya koyduğu tutumda da aynı derecede açıktır. Ancak aynı duygu, birçok üniversite öğrencisinin ikinci yıl kimya uygulamalarının yoruculuğu karşısında bezginlik olarak duyumsadıkları düş kırıklığının da kaynağıdır. Peki, nedir bütün bunların kaynağı?

Deneylerin, romantik eğilimi olanlara gizemli gerçekliğin anlık kesitlerini sunmaktan başka işlevleri de vardır. Onaylı pratik bilgiye götüren sıkı sıkıya düzenlenmiş araçların da temelidir deneyler. Ama durum her zaman böyle değildir. Deneylerin kesinleşmiş bilgideki rolü daha açık olamazdı diye düşünenler bağışlanabilir. "Doğanın sırlarını çözmek" gibi deyimlerde, Pandora'nın kutusu imgesinin çağrıştırdığına benzer bir anlam var gibi görünüyor. Kutunun içinde ne olduğunu öğrenmek istiyorsanız, kapağını açar, bakarsınız. Sonuçlar sorun çıkarabilir; ama arama yönteminin kendisinde bir zorluk yoktur. Yine de her şey bu kadar basit değildir: Kutunun kapağı çoğu zaman inatla sımsıkı kapalıdır! Zaman zaman kutuyu tıklattığınızda, içerden gelen tuhaf gürültülere hazır olmanız gerekir. Ayrıca kapağın üzerinde bir çatlak açmayı başarsa bile, gördüğü şeyin aslında ne olduğunu kim, nasıl bilebilir? Beklenen şeyin ne olduğuna ilişkin önsel bir düşünce yoksa, deneysel bilimin sonuçları genellikle pek kolay anlaşılmaz. Sorun böylesine karmaşık olduğundan, deneylerin bilimdeki rolü konusunda birbirinden çok farklı görüşler var olabilmiş ve her biri sistematik bir doğa araştırmasının belli bir yönünü vurgulamıştır.

Böyle değişik açılardan bakıldığında deneylerin çok farklı bir gücü olduğu görülecektir. Bu girişte göstermeye çalıştı-

ğım, çeşitli deney kuramlarının birbirlerine rakip olmaktan çok, bilimsel keşif sürecinin ampirik yönünü bütünsel olarak anlamak için bir araya getirilebilecekleridir.

Bu kitapta anlatılan deneylerin seçimindeki ölçütler

Yunanlıların MÖ 400 yıllarında giriştikleri sistematik bilimsel çalışmalardan bu yana, sanırım yüz binlerce belki de milyonlarca deney yapılmıştır. Bildiklerimiz arasından hem eğlendirecek hem de bilgilendirecek yirmi tanesini bulmak, çok hassas ölçütler gerektirdi.

Öylesine iyi bilinen, öylesine nam salmış deneyler vardır ki, adeta kendi kendilerini seçmişlerdir. Ancak o deneylerin sözü ders kitapları ya da sınıflarda o kadar çok geçmiştir ki, bazılarının öyküsü zamanla çarpıtılmış, bazılarına ilişkin büsbütün yanlış genel kanılar doğmuştur. Bu nedenle, bu kitap için araştırma yaparken dolaylı kaynaklardan kesinlikle yararlanmadım. Her deneyi, sonuçlarının ilk kez bildirildiği yazılara ve kitaplara dayanarak anlattım. İki ünlü deney halkın bilincine çarpık yansımıştır: Michelson ile Morley'in, bir de Boyle'un yaptığı deneylerdir bunlar. Michelson-Morley deneyi yaygın ama yanlış olarak Einstein'ın özel görelilik kuramına kaynaklık etmekle bilinir. "Boyle Yasası"nın bulunuşu gazların fiziksel özelliklerine ilişkin yansız bir merak tarafından güdülenmemiş, vakumun olanaklılığını yadsıyan teolog-fizikçilere ölümcül bir darbe vurmak amacıyla düşünülmüştü. Pasteur'ünse, yapay aşının mucidi diye bilinmesi doğrudur. Ne var ki, bunu uzatmalı bir tatil sayesinde yaptığı pek bilinmez.

Ün, her zaman tarihsel önemin en iyi işareti değildir. Tarihsel önem ölçütü de kendi başına bir ölçüde belirsizdir; çünkü bize önemli gelen şeyler ancak sonradan dikkat çeker. Tahmin edebildiğim ölçüde, kendi zamanlarında etkili olmuş

ve yankısı kendi çalışma alanının sonraki gelişimi boyunca sürmüş deneyleri seçmeye çalıştım. Theodoric'in gökkuşağını incelemedeki ustalığı, ardıllarını doğrudan etkilemiş, geometrinin fiziğe uygulanmasının yaygınlaşmasına etkisi kalıcı olmuştu. Aristoteles'in civciv embriyolojisi üzerine çalışmaları, kesinlikle, bugünküler de dahil, bütün embriyoloji çalışmalarının türetildiği önemli bir kaynaktır. Newton'un optik deneyleri sağlam bir temele dayanan bir renk kuramını oluşturmakla kalmamış, yaygınca hayran olunan ve taklit edilen sistematik bir bilimsel çalışma modeli sağlamıştır. Hales'in bitki fizyolojisini konu alan öncü çalışması da başka bir nedenle bu kategoriye alınmalıdır. Hales, Grew ile Harvey'in anatomik bir kuramsal yapıtlarının ortaya koyduğu problemleri çözmekle yetinmeyip, belirli bir yaşam süreci türünün, yani canlı varlıklardaki sıvıların hidrostatik ve hidrodinamiğinin deneysel olarak incelenebileceğini tanıtladı. Hales'in yapıtını, bitkilerdeki dolaşımla ilgili tek bir deneyle örneklendirmeyi seçtim; ama Hales'in en büyük başarısı hayvanların dolaşım sistemlerini araştırmasıydı. Harvey'in memelilerdeki sıvı dolaşımını sağlayan organlara ilişkin çalışmalarının yalnızca tahminden ibaret olduğunu, o doğrulamıştı.

Başvurduğum üçüncü ölçüt biraz daha estetik bir yan taşıyor. Bazı deneyleri biçimleri yüzünden, zarif ve derli toplu oldukları için seçtim. Dâhi deneyci, asgari sayıda araç ile bizi sorunun özüne götürür ve anlayışımızı değiştirir. Norman'ın basit şarap kadehi ile yaptığı deney (bunun, yalnız manyetik çekimlerin varlığını değil, manyetik bir alanın varlığını da kanıtladığına Gilbert ile birlikte inanmışlardı) bu niteliğe sahiptir. Her ne kadar sonraki bilimadamı kuşakları, manyetik olguların daha gelişmiş matematik bilgiler sayesinde son kertede çekme ve itme güçleriyle açıklanabileceğini kanıtla-

mış olsalar bile, bu deney önemini korumaktadır. Norman'ın deneyinde, sonucun yanlış yorumlanması arkadaşlarının ufkunu açmıştı. Bu türden deneylerin doruğu kesinlikle J. J. Gibson'un "pasta kalıbı" deneyi olmalı. Geleneksel algı psikolojisinin temelleri birkaç mutfak gerecinin yardımıyla alt üst edilmişti.

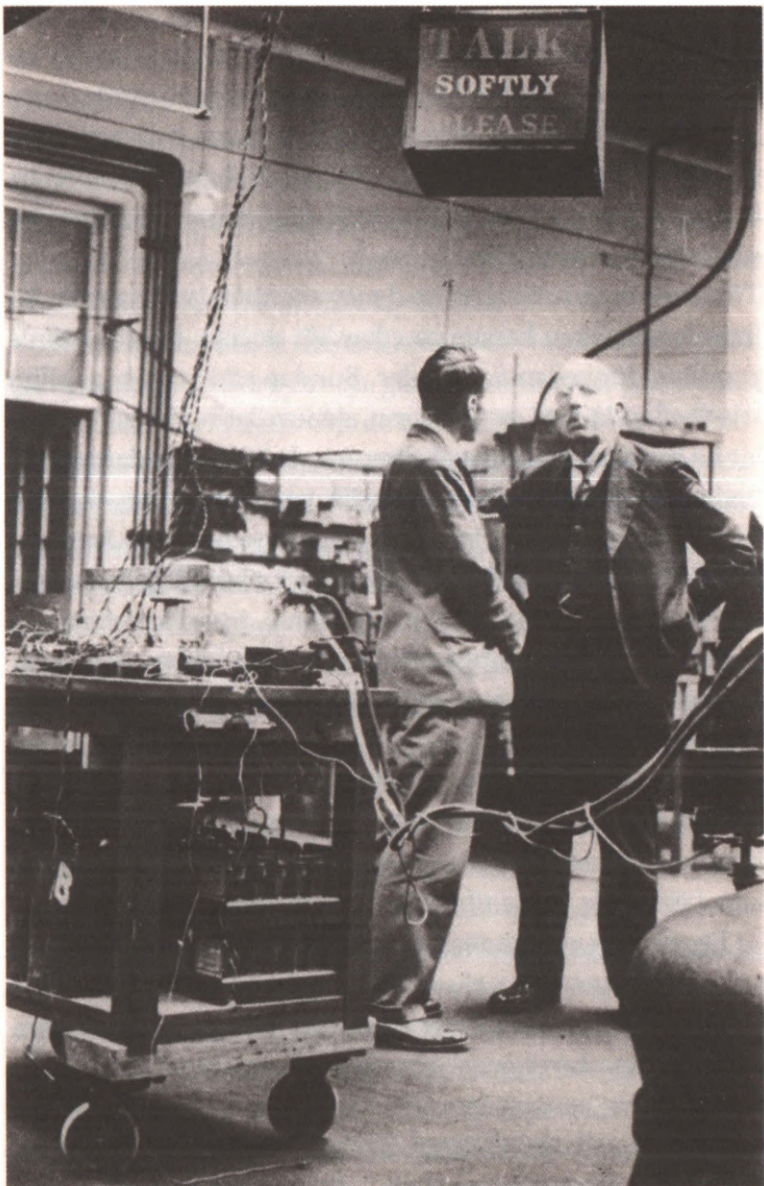
Deneylerin bize nasıl bilgi verdiği konusunda ciddi bazı yanlış anlamalar vardır. Dördüncü ölçütüm daha pratik yorumlara ilişkindi. Deneylerin yalıtılmış ve yalnız kendilerini destekleyen olaylar oldukları düşüncesini çürütmeye çalıştım. Deneyler çoğunlukla, anahtarları belirsiz bir sorunu konu alan bir dizi çalışmadaki adımlardır. Bir programın tipik araştırma türünü örneklemek için seçtiğim deney, o araştırmanın doruk ya da dönüm noktası olarak düşünülebilir. Ancak bu, çoğunlukla sonradan oluşmuş bir yargıdır. Bilim tarihinde belli bir alanda kesintiye uğramadan sürdürülmüş araştırmalar büyük önem taşır. Buna örnek olarak belki de deneyci bilimadamlarının en büyüğü olan Michael Faraday'ı iş başında, birçok küçük deneyden oluşan, kılı kırk yaran bir çalışmasında gösterdim. Her başarılı kanıtlama, elektriksel etkilerin yalnız tek bir tür elektriksel nedenden kaynaklandığı vargısına katkıda bulunuyor. Benzer biçimde, Rutherford'un elementlerin yapay dönüşümüne ilişkin buluşu ve Thomson'un atom-altı parçacıkların özelliklerini başarıyla ölçmesi, bize çığır açan yeni ufuklar gibi gelse de, deneyciler için bir programdaki adımlardan başka bir şey değillerdi.

Her bölümün öyküsünün odağı olarak, deneyin nasıl olup da bir sürecin parçası olduğunu açıklayarak örneklendirmeye çalıştım. Deneylerin çoğu, daha o deneyin yapıldığı zamanda, tarihsel geçmişe sahip olan programların birer parçasıdır; çoğu, yeni araştırma doğrultuları önerip, diğerlerinin eksiklerinin kapanmasına yardım ederek programın geleceğine kat-

kıda bulunur. Bir araştırma programı ilerledikçe, geçmiş deneyler sık sık ilk yürütüldükleri zamanda anlaşıldıklarından farklı biçimlerde yorumlanırlar. Lavoisier yanmanın fiziksel temelinin yanı sıra asitlik ilkesini de bulduğunu düşünmüştü. Zira bir zamanlar "oksijen" sözcüğü sözlük anlamıyla (asit üretici) ele alınıyordu. Sonuçta Davy'e bazı asitlerin oksijen içermediklerini göstermek, Lavoisier'ye ise, başka bir soruna el atmak kalmıştı.

Deney kuramları

Bilimadamları neden deney yaparlar? Yanıt, sorunun basitliği ölçüsünde açık görünüyor: Doğayı anlamak için. Ama doğaya soracağımız en önemli sorularımızı nasıl formüle ediyoruz ve doğru görünen yanıtları nasıl kavrıyoruz? Göreceğimiz gibi, düşünceler dünyası olgular dünyasıyla büyük oranda iç içedir. Bulunacak sonucun ne olabileceğine ilişkin önsel bir düşüncemiz olmaksızın, ne deneylerimizin sonuçlarında neyi arayacağımızı biliriz, ne de onu bulduğumuzda tanıyabiliriz. Bu durumun canalıcı örneği, rastlantılar ve tesadüflerin buluşlara yol açmasıdır. Ancak rastlantısal olarak meydana gelen şeyi tanımaya hazırlanmış bir zekâ, o rastlantıdan bir buluş çıkarabilir. Dâhi deneyciler, örneğin Faraday, deneylerinden ne beklemeleri gerektiğini genellikle tam olarak bilirlerdi; kuramları öylesine güçlüydü. Bunlar, deneyleri "iş görene" dek, kusur arayıp duran deneycilerdir. Pasteur'ün yapay aşıyı bulması, rastlantıyla karşılaştığı bir olayın onun için -belki de yalnız onun için bir anlam taşımasındandı. Yıllardır hastalığın seyrini, insanlar ile hayvanların nasıl bağışıklık kazandıklarını anlamayı sağlayacak doğru düşünceleri formüle etmeye çabalıyordu. Kuramlar ile deneyler, düşünceler ile olgular, hepsi karşılıklı olarak birbirine dayanır.



Lord Rutherford ve J. A. Rattcliff Cambridge'deki Cavendish Laboratuvarı'nda konuşurken.

Bu karşılıklı ilişkilerin böylesine karmaşık olmasından ötürü, farklı düşünürler bunların değişik yönlerini daha rahatça vurgulayabilirler. Muhtemelen doğabilimlerinde deneyin rolüne ilişkin çok sayıda farklı kuramın bulunmasının nedeni de budur. Bunlardan en önemli üçünü betimleyip, hepsinin kapsayıcı bir açıklamada nasıl birleştirilebileceğini göstermeye çalışacağım.

Tümevarımcılık: Gözlem ve deney aracılığıyla öğrenmek, bilimsel yaklaşımın karşımıza çıkardığı doğayı, büyü ve dinle yaratılan dünyadan farklı kılar. Bundan etkilenen bazı bilim felsefecileri kuram ve yasaların, deneycilerin bulduğu olgular ile başlayan bir zihinsel süreç içinde bilimadamlarının aklında üretildiğini düşünüyorlar. Bir varsayımı bilimadamları topluluğu için inanılır kılan şey, olguların hep aynı kalmasıdır. Buluş sürecinin, deneylerde ortaya çıkarıldığı kadarıyla, olayların doğal dünyasından soyutlanıp, insanların inanç ve kuram dünyasına geçtiği düşünülür. Olgulardan yola çıkarak kuram ve yasalara ulaşılan bu hayali geçidin teknik adı "tümevarım"dır. Bilimadamlarının, deney sonuçlarından tüme vararak kuram ve yasalara ulaştıkları ve onları yine deneylerle sınadıkları söylenir. Gözlem ve deney sonuçları, bilimsel düşüncenin kırılgan binasının mantıklı ve sağlam bir temel üzerinde yükseltilmesine olanak veren "veriler"dir.

Deneylerin rolüne ilişkin tümevarımcı kuram 18. ve 19. yüzyıllarda zamanla gelişti. Newton'un şu çözümlemesinde bu tür bir kurama benzer şeyler vardır: "Deney, gözlemlerden tümevarım yoluyla genel bir vargı çıkarmaktır." Ama biraz ilerde, "... ve bu vargılara yönelik olarak, yapılan deneylerden ya da salt gerçeklikten alınmış olanlar dışında hiçbir karşı çıkış kabul edilmemelidir," diyordu Newton. Bacon'un yapıtları muhtemelen bu tür bir bilimsel yöntemin kaynağını sağlamaktadır. Çünkü deneylerin, nesnelerin doğasına

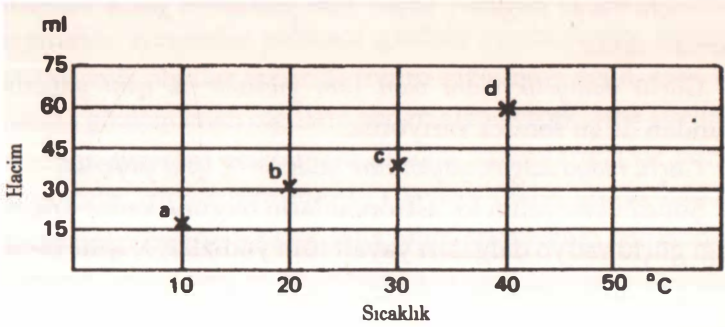
ilişkin tanımlar önermek ve uygulanmazlıkları gerekçesiyle işe yaramaz olanları elemek gibi tamamlayıcı işlevlere sahip olmaları gerektiğini açıkça ilk gören kişi Bacon'du. Yirminci yüzyılın başında bilim felsefecileri Bacon'un önerdiği özgün tümevarıma pek benzemeyen bir tümevarımcı bilim kuramı oluşturdular. Tümevarımcı bilim felsefecileri, doğa yasalarını olguların genellenmesi, olguların birikmesini de yasaların desteklenmesi olarak kabul ediyorlardı.

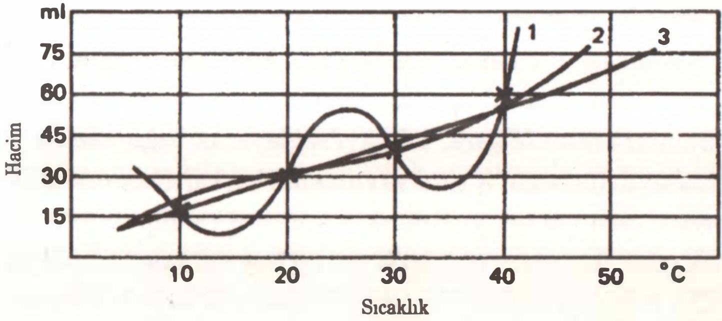
Konu ayrıntılarıyla düşünüldüğünde, tümevarımcı görüşün yanıldığı görülebilir. Bu görüşü reddetmek için iki ana gerekçe var. Biri büyük ölçüde açık, diğeri ise daha örtüktür. Öncelikle yasalar ve kuramlar, değişik tarzlarda deney sonuçlarının ötesine geçerler. Deneyler şimdi ve burada, ancak birkaç örnekle yapılırlar. Yasalarınsa, her yerde, her zaman ve her türlü örnek için geçerli olduğu varsayılır. Deneysel temel böylesine geniş bir alanı desteklemeye yetecek kadar sağlam değildir. Nasıl olur da, deneylerimizin geçmiş ya da gelecek zamanlarda ve çok uzak yerlerde farklı çıkıp çıkmayacaklarından emin olabiliriz? Hem ayrıca deneylerimiz farklı çıksalardı, onlara dayanan doğa yasaları da öyle olmayacak mıydı? Yasaların yanı sıra kuramlar da deneyi aşarlar. Bir kuramı açıklarken bilimadamları, gözlenebilir etkiler üreten gizli süreçlerden söz ederler. Bir mıknatısın çevresinde oluşan demir talaşının şekli görülebilir. Ama kuramın, talaşın bu karakteristik davranışına dair gösterdiği neden, yani manyetik alan, gözle görülmez. Işığın etkileri ile ilgili bilgimiz artarak ve üst üste yığılarak gelişmiş olsa da, bu etkilerin nasıl üretildiği konusunda kuramcıların görüşlerinde kökten değişimler olmaktadır. Önce parçacık akımları yeğleniyordu; sonra yayılan dalgalar... Şimdi de bu klasik kuramların bir bileşimi var. İnsan yapısı maddi sistemlerin gözlemlenebilir özellikleri üzerine yapılan deneyler, nasıl olur da insanlar ta-

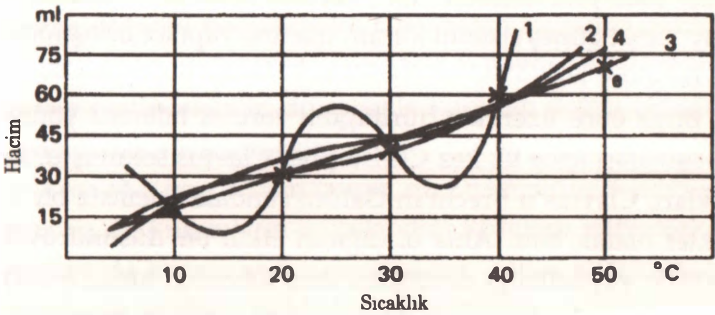
rafından asla gözlemlenemeyecek olan nesnelerin ve süreçlerin davranışlarını yönlendiren yasalara temel sağlayabilirler?

Ama deneylerin, yasa ve kuramları oluşturan verileri sağladığını düşünmenin yanlış olduğunu gösteren daha örtük bir neden var. Bir deneycinin veri yığını topladığını düşünelim. İlke olarak bu verileri açıklayan yalnızca bir kuram değil, verilerin doğru bir betimlemesini yapabilecek sayısız kuram vardır. Dört deneyin sonuçlarını yandaki çizelgede sunduğumuzu varsayalım. Şimdi bir gazın sıcaklığı ile hacmi arasındaki ilişkiyi inceliyoruz. Çarpı işaretleri "20 santigrat derecedeki bir gazın hacmi 30 mililitredir" gibi olguları temsil ediyor. Bu, b'de çarpıyla temsil edilen olgudur. Ortadaki grafikte, bir yasaya varmak üzere girişilen birçok çaba temsil ediliyor. Hata payı bırakmak koşuluyla, 1, 2 ve 3 numaralı her çizgi, a, b, c ve d noktalarınca temsil edilen verilerle uyumlu olan olanaklı birer yasayı temsil ediyor. Daha çok deney yaparak daha çok veri toplayabilir ve bazı olasılıkları eleyebiliriz. Yine de, yeni verilerle uyumlu olan sayısız veri eklenebilir. Bu, en alttaki diyagramda görülebilir. Eğer "e"yi eklersek 1. yasayı eleyebiliriz. Bu yasa şimdiye kadar elimizde bulunan tüm verilerle uyumludur ve buna benzer sayısız yasa vardır.

Ancak 'bilimde kuramın rolünü göz ardı etmedik mi?' diye bir karşı çıkış gelebilir. Bir kuram bu yasalardan birinde kesin anlamda karar kılmamıza yardım edebilir. Basit bir örnek, benzer bir sorunun kuramları bozduğunu gösterir. Varsayalım ki, iki yasadan oluşan basit bir kuram üzerine düşünüyoruz. Gerçek kuramlar çok daha karmaşıktır; ama bu işimizi görmeye yetecek. Bu iki yasa bir kuramdır. Çünkü birlikte alındıklarında deneysel olarak gözlenmiş bir bulguyu, daha temel ve gözlenemeyecek bir sürece, gözlediğimiz olguları ürettiğini varsaydığımız bir sürece gönderme yaparak açıklıyor. Kuram şöyle ifade edilebilir:







Üstte, dört deneyin sonucu; ortada, olası üç yasa; altta beşinci deneyin etkisi.

Güçlü radyo dalgaları yayan tüm yıldızların güçlü manyetik alanları vardır.

Güçlü manyetik alanı olan tüm yıldızlar X ışını yayarlar. Bundan da şu sonuca varıyoruz:

Güçlü radyo dalgası yayan tüm yıldızlar X ışını yayarlar.

Şimdi varsayalım ki, astronomların bugüne kadar araştırdığı güçlü radyo dalgaları yayan tüm yıldızlar, X ışını yayarken gözlendi. Ama aynı vargıya başka bir kuramla da ulaşabiliriz.

Güçlü radyo dalgası yayan tüm yıldızların yüksek yoğunluklu çekirdekleri vardır.

Yüksek yoğunluklu çekirdeği olan tüm yıldızlar X ışını yayarlar.

Mantıksal bir bakış açısından, kuramların doğru ya da yanlış olması önemli değildir. Her biri verileri açıklar. Rakip kuramlar arasında karar kılmayı sağlayacak bağımsız bir yol olmasaydı (örneğin X ışını yaymaktan başka, gözlemlenebilir sonucu olan yüksek yoğunluklu çekirdeğe sahip olmayı bulmak gibi), iki kuram olgularla eşit ölçüde -en azından şimdiye kadar bilindiği kadarıyla- desteklenmiş gibi kalırdı. Hepsinin de verilerle uyumlu, benzer kuramlar çokluğu olduğunu görmek kolaydır. Bilimin böyle saf bir tümevarımsal yorumuna karşı çıkış yeni değildir; 16. yüzyılda bolca ileri sürülen bir alay karşıt güneş sistemi kuram üzerine yapılan tartışmalara kadar gider bu.

Biraz önce üzerinde durduğum sorunu bilimsel yöntem tartışmaları içine ilk kez Christopher Clavius sokmuştu. Birçokları, Clavius'u Brecht'in Galileo'sundaki önemsiz bir karakter olarak bilir. Ama o, çağının etkili bir düşünürüydü. 1600'de yayımladığı astronomi ders kitabının amaçlarından biri, bilimin herhangi bir dalında aynı verilerle desteklenen karşıt kuramlar arasında nasıl karar vermek gerektiği sorununu çözmekti.

Bulduğu çözüm, tümevarımsal olmayan bir ölçüt ortaya koymaktı. Kuramlar yalnızca gözlem ya da deney yoluyla kesinleşmiş olgular arasında uyum sağlamayı değil, aynı zamanda gözlemlenen olgulara neden olan gerçek, ama gözlemlenemez süreçleri açıklamaktaki akla yatkınlarıyla da yargılanmalıdır, diye düşünüyordu Clavius. Onun ortaya koyduğu sorunlar bugün bir kez daha bilim felsefesinin odağındaki tartışma konularını oluşturuyor. Atomaltı fizikte öyle deney sonuçlarıyla karşılaşıldı ki, bunlara açıklama getiren bir kuram henüz ortaya çıkmadı.

Yanlışlanabilircilik: Bir kuramı desteklemekte başarısız kalan deney, varsayımı doğrulayan bir deneyden daha öğretici olabilir derler. En azından kesin olarak bilinen bir şey vardır; o da, yanlış olduğu ortaya çıkan varsayımı reddetmemiz gerektiğidir. Modern çağda deneylere ilişkin bu görüş K. R. Popper adıyla bütünleşti. Ampirik araştırmaların kaçınılmaz olarak yasa ve kuramlara yol açan veriler sağladığını sanmayalım. Bunun yerine, deney sonuçlarını ve gözlemleri, ancak birer düşünce eseri olan yasa ve kuramların sınayıcısı olarak görmeliyiz. Yanlışlanabilirci bilim kuramına göre, kuramcılar yasaları ve kuramları kurgularlar ve buradan mantıksal sonuçlar çıkarırlar. Bunlar da verili koşullarda, olacakları öngörme değerini taşımaktadır. Clavius'un savından biliyoruz ki, bir öngörü doğrulanmış olsa bile, o öngörünün türetildiği kuram yanlış olabilir; dolayısıyla kuramın doğru olduğunu kesin olarak söyleyemeyiz.

Ama eğer öngörü yanılmışsa, eğer o öngörünün türetildiği yasa ya da kuramların uygulandığı koşulları biliyorsak, bu yasa ya da kuram kesinlikle yanlıştır. Yanlış kuramlar, söylemek bile gereksiz, reddedilmelidirler.

Ancak, deneylerin rolü böyle yansıtıldığında, tümevarımsal açıklamanın başka çetrefil sorunlarıyla karşılaşılır. Bilim-

adamı neden deneysel testleri sonucunda, yanlışlığını gösterdiği varsayımı reddetmelidir? Mutlaka her yerde ve her zaman yanlış olacağını umduğu için. Ama bugün için yanlış olan bir kuramın başka yer ve zamanlarda yanlış olacağını nasıl bilebilir ki? Dünya öyle değişebilir ki, dün yanlış olan kuramlar yarın doğru olabilir. Bu olasılığı deney yapma yoluyla dışarı atamayız. Deney sonuçlarını olumlu biçimde yasaları kanıtlamak için kullanmak, dünyanın gelecekte ve uzak yerlerde bütün önemli açılardan hep aynı olacağını ve öyle kalacağını söyleyen, kanıtlanması olanaksız bir varsayıma dayanır. Aynı biçimde, deney sonuçlarını olumsuz biçimde varsayımları çürütmek için kullanmak da, dünyanın gelecekte ve uzak yerlerde önemli açılardan farklı olmayacağını söyleyen, kanıtlanması olanaksız varsayımlara dayanır.

Ama yanlışlanabilirciliğin bütünsel bir bilim felsefesi olarak başka ve daha ince bir sorunu daha var. Yasalar kendi başlarına deney yoluyla sınanabilir sonuçlara sahip değildir. Bir yasa temelinde öngörüde bulunmak, araçların tasarımı da dahil her tür yardımcı varsayımı gerektirir. Pasteur, antraks basili sporlarını toprak yüzeyine kurtçukların taşıdığı varsayımını sınarken, optik yasalarını önceden kabul etmiş olmalıydı. Çünkü mikroskoba güvenmek zorundaydı. Kurtçukların sindirim bölgesinde spor bulamasaydı, bunu nedeni bilinmeyen bir optik etkiye yorabilirdi. Ama aradığını bulmuştu. Demek ki, mikroskopla gördüğü nesnenin, gerçekten var olan, kimi çok küçük şeylerin büyütülmüş görüntüsü olduğu varsayımı doğruydu. Testler olumsuz sonuç verdiklerinde, olumlu iken olduklarından daha kesin değildirler; çünkü deneyi başarısızlığa uğratan nedenler daha ileri varsayımlara dayanabilirler. İşte bu durumda hata, henüz bilinmeyen ileri aşamalardan kaynaklanıyor olabilir.

Uzlaşımcılık: Hem tümevarımcılık hem de yanlışlanabilircilik, doğa yasalarını ampirik bilgiler, yani duruma göre yanlış ya da doğru değer alan olan bildiriler şeklinde görürler. Ama bir de doğa yasalarını doğru ya da yanlış önermeler olarak değil, yalnızca sözcüklerin kullanımına ilişkin bir uzlaşım olarak düşünelim. Bu durumda, dünya hakkında konuştuğumuz zaman, farklı yasa gruplarının tanımladığı farklı biçimlerde konuşuyor olacağız. Öyleyse anahtar soru, yasaların doğru mu, yanlış mı olduğu değil, hangi koşullar altında gerçeğin en tutumlu, en verimli ve en aydınlatıcı betimlemesini sağladıkları sorusu olacaktır. Bu görüşe göre deneyler, ne yasalara ulaştıracak verilerin ne de varsayımların doğru mu, yanlış mı oldukları konusunda yargı bildirecek testler sağlayabilir. Deneyin işlevi örneklemektir; bilimadamına kuramının gücünü göstersin diye yardım eder. Ama doğrular yığını olarak değil, düşünceler topluluğu olarak kuramının gücünü göstersin diye... Bir deneyin başarılı olması, belirli bir dünya tasvirinin işe yarar olduğunun kanıtlanması anlamına gelir. Deneyin başarısız olmasıysa, yetersiz ya da bulanık kavramların kullanıldığını gösterir. Herhangi bir kişi, yeni bir deneyin sonuçlarını, yanlışlığı gösterilmiş eski bir kuramın terimleriyle açıklamaya çalıştığında, bir açıklama girişimini ifade eden bu anlatım yanlış değil, ama çelişkilidir.

Kimya tarihinden bir örnek, deneyler hakkında söylediğimiz bu sözlerin anlamını pekiştirecektir. İlk biyokimyacılardan William Prout, her atomun ağırlığını, hidrojenin atom ağırlığının katlarıyla açıklayan bir atomsal bileşim kuramı üzerinde çalışmıştı. Prout, bütün atomların hidrojen atomlarından oluşan topluluklar olduğunu ima ediyordu. Berzelius ise, oksijen ağırlığını ölçüt alarak, elementlerin atom ağırlıklarının, hidrojen atomu ağırlığının katları olmadığını deney yoluyla buldu. Berzelius'un bulduğu sonuçları nasıl değerlendirmeliyiz?

Berzelius, Prout'un varsayımının yanlış olduğunu kanıtladı denebilir mi? Prout'un kuramı "element" sözcüğünün nasıl kullanılacağına ilişkin bir yönerge olarak alınırsa, Berzelius'un göstermiş olduğu tek şey, yaygın olarak element diye adlandırılan maddelerin aslında göründükleri gibi olmadıkları olurdu. Belki de bunlar daha basit "Proutçu" elementlerin bir karışımıydılar. Kimya dünyası, Berzelius'un bulduğu sonuçlara uygun bir "element" sözcüğü kullanmayı seçti. Yani, kimyasal çözümlemede ortaya çıkan en basit parçalara "element" denecekti. Böyle düşünüldüğünde sorun, bir doğa yasasının doğruluğu ya da yanlışlığından çok, bir terimin en uygun kullanım biçimiyle ilgilidir. Ancak, terimleri bağlamından koparamayız. Eşgüdümlü dilbilimsel yönergelerimiz olmalıdır. Kuram dediğimiz işte budur.

Bunu bir toplumsal kurumun kendi personeline öngördüğü bir terimler yönergesiyle karşılaştırabiliriz. "Başkan" kavramı daire içindeki görev ve sahip olunması gereken niteliklerle saptanmıştır. "Başkan mevkiinden dolayı tüm alt kurulların üyesidir" cümlesini sorgulamak, olgusal olarak bunun doğru olup olmadığını araştırmak değil, bir memurun böyle tanımlanıp tanımlanamayacağını araştırmaktır. Değişik yönergeler değişik kurumları ya da kuruluşları tanımlarlar. Bir doğa yasası da buna benzer şekilde düşünülebilir. Olası bir dünyaya uygun kavramlara ilişkin bir yönerge olarak doğa yasaları, zorunlu olarak doğru olduklarından, uzlaşımlar kavramların eşgüdümlü bir kümesinin kullanımını belirler. Deneyler yasaların doğru olup olmadıklarını göstermezler; anlaşmalar ve yönergeler olarak bu tür bir yargı bildiremezler. Ampirik testler bu uzlaşmaların bu dünyada uygulanabilecek en uygun uzlaşmalar olup olmadığını gösterir.

Modern çağa kadar bilimsel yöntem üzerine yazan tek bir kişi, yukarıda anahatları verilen üç görüşün hepsini bir araya

getirebildi. Bilimsel bilginin olanaklı olduğunu ileri süren ve bilimsel yaklaşımın ana çizgilerini çok iyi yakalayan bu düşünür, Francis Bacon'dı. Bacon'a göre deneysel bilimin amacı, duyulur dünyada bulduğumuz maddelerin, niteliklerin ve süreçlerin doğasına ya da özüne ilişkin düşüncelerimizi arındırmaktı. Tipik bilimsel sorular şöyle olacaktı: "Renk nedir?", "Sıvılaşma nedir?" ya da "Sıcaklık nedir?"

Bu gibi sorulara yanıt vermek için şeylerin, süreçlerin, özelliklerin, niteliklerin tanımlarını biçimlendirmemiz gerekecek. Bilimsel yöntem bu tür sorulara yanıt bulmanın disiplinli ve düzenli bir biçimidir. Bir araştırmanın ilk aşamasında, araştırılan konu ya da etkilerin birbirinden farklı birçok konu ve etkiler ile ilişkisini kurmak amacıyla, olumlu görülen deneyler ve gözlemler toplanır. Mayalanma sırasında, sürtünmede, hareket eden cisimlerde, ışık yayan bir varlıkta sıcaklık vardır. Her eş-ilişki, ısının doğası hakkında ileri sürülebilecek varsayımlara açıktır: Bir kimyasal etki midir? Işıma olgusu mudur? Bir tür hareket midir? Bu sorulardan kalkarak üretilen her varsayım ısının doğası hakkında olası bir yanıt oluşturabilir.

Bir sonraki aşamada bilimadamı, Bacon'ın "yakınlık derecesi" dediği durumları saptayarak (sözgelimi, ısı açığa çıkarmayan mayalanma, ışık, vs.), karşıt varsayımları olabildiğince yanlışlamaya koyulur. Her olumsuz sonuç bir varsayımın elenmesi demektir. İdeal olarak, geriye, incelenen konunun doğasını en iyi ifade edebilecek tek bir varsayımın kalması gerekir. Isı konusunda Bacon, bunun hareket olduğunu düşündü ve ısının doğasını "cisimlerin bir hareketi" olarak tanımladı.

Varsayımların düşünülüş biçimi ve sınanma yöntemleri Bacon'ın ilkel denebilecek güvenilir bilgi toplama yönteminden çok daha karmaşık bir duruma geldi elbet. Bacon'ın zamanından beri işleyegelen söz konusu yöntemin artık tıkan-

masının nedeni, onun tanımlarında kullandığı terimlerin, yani doğal süreçlerin, yapıların, özelliklerin ve maddelerin büyük bir çoğunluğunun insan duyularına doğrudan sunulmuş olmadığının ortaya çıkmasıdır. Gizli süreçlerle ilgili düşüncelerimiz, Bacon'ın hayal edemeyeceği kadar, doğanın derinliklerine doğru yapılan düşsel tasarımların sonucunda elde edilmişlerdir. Buna karşın "proton, sanal gluonları alıp veren üç kuarktan oluşmuştur" gibi cümleleri nasıl ele almamız gerektiğine ilişkin temel mantık, Bacon'ın ısı ve renk gibi yüzeysel özelliklerin doğasını düşündüğü zaman ortaya koyduğu mantıksal çizgi doğrultusundadır. Bu, "proton" sözcüğünün kullanımına ilişkin bir uzlaşmadır; deneyimlerimizi anlaşılır kılabilme gücü ölçüsünde kafamızda oluşan kavramlar ağının içine hapsolmuş bir uzlaşma... Nesneleri bilmemizi olanaklı kılan kavramlar, onların içdünyasını ne denli doğru anlatırsa, biz de dünyayı o kadar kavrayabiliriz. Tanımlamalarımızın ya da bilgilerimizin sıradan deneyimden uzaklaşması bizi gerçeklikten de uzaklaştırmayacak, tersine ona yaklaştıracaktır.

Deney nedir?

Çokça kurulan bir karşıtlık, gözlem ile deney arasına ayrım koymaktır. Gözlemci ve deneycinin inceledikleri doğa nesnesinin, dikkat ettikleri süreçler ile üzerinde çalıştıkları olaylara ilişkin kavramlarının ne olduğu sorulunca, bu karşıtlığın önemi ortaya çıkar. Gözlemci, ilgilendiği olaylar sürecinin dışında durur. Doğanın, onun incelediği değişimleri türetmesini, olgular üretmesini ve maddeler yaratmasını bekler. Karşılaştığı şeyleri kaydeder. Bir astronom, en kusursuz gözlemcidir: Gökteki gidişatı yönlendiremez; bekleyip izlemek zorundadır. Gözlemci de, tıpkı deneyci gibi, gördüklerini tanımlayıp betimlemesine izin veren, işlerliğe sahip bir kavramlar siste-

mine sahip olmak zorundadır. Önsel bir kavramsal hazırlık yapılmadan, gözlemlemenin anlamı yoktur. Hemen hemen bütünüyle gözleme dayanan bilimsel yapıtların en büyüğü, belki de Darwin'in yazdığı *Türlerin Kökeni*'dir. Darwin dünyayı dolaşarak, doğal süreçlerin yarattığı bitki ve hayvanlara ilişkin notlar tutmuştu. Besicilerin ve bahçıvanların doğanın yönlendirişiyle ilgili tecrübelerini, yalnızca kendi koyduğu doğal ayıklanma kavramını temellendirmek amacıyla kullandı. Onun yapıtı, yapay seçme ile doğal seçme arasında yapılan karşılaştırmalarla, gözlemlere dayanan kuramların bir karışımıydı. Darwin gözlemlerini, tümevarım ya da yanlışlanabilirlik açısından değil, kuramını güçlendirmek için, doğal süreçleri ve olayları anlaşılır kılmak için ve kavramlarını örneklendirmek için kullandı.

Öte yandan bir deneycinin doğal nesnelere yaklaşımı farklıdır. Deneyci doğal sürece etkin bir biçimde müdahale eder. Müdahale neden zorunlu olmalıdır? Bacon'ın dediği gibi, doğa neden "sorguya çekilmelidir"? Hemen hemen tüm doğal süreçlerde, sürece katılan birden çok süreç ve güç vardır. Doğal etkilerin çoğu, çok sayıda nedensel gücün bileşimiyle ortaya çıkar. Doğal üretimi anlamak için mümkünse bütün nedensel süreçleri teker teker incelemek akıllıca olacaktır.

Bu sorunları açıklayabilmek için bazı teknik terimlere gereksinimimiz var. Deneyci, faaliyetini bağımlı ve bağımsız değişkenlerin ortaya çıkarılması ve bunların yönlendirilmesiyle açıklar. Bağımsız değişken, deneycinin koşullar çerçevesinde doğrudan doğruya yönlendirdiği etmendir. Bağımlı değişkense, bağımsız değişkenin değişiklik değerlerinden etkilenen niteliktir. Bir aşçı, acılı köfteye katılacak kırmızı biber miktarını denetleyebilir (bağımsız değişken). Böyle yapmakla da yemek yiyenlerin tüketeceği su miktarını belirler (bağımlı

değişken). Ancak gerçek dünyada etkisini sürekli koruyan bir değişken tarafından belirlenecek kadar basit süreçler yoktur.

Özenle tasarlanmış bir deneyde, incelenme konusu bağımlı ve bağımsız değişkenler dışında, tüm özellikleri sabit tutmak olanaklıdır. Bu biçimde sabitlenmiş bir özelliğe "parametre" adı verilir. Parametrelerin saptanması, içinde değişkenlerin faaliyet gösterecekleri dizgenin durumunu tanımlar. Bu kitaptaki deneylerin çoğu, deneycilerinin parametreleri saptamaktaki ustalıklarına göre seçildi. Örneğin Boyle ve Hooke "havanın tepkisi"ni ölçtükleri bir deneyde, sıkıştırılmış havanın sıcaklığını sabit tuttular. Amagat ve Andrews gibi daha sonraki deneyciler, Boyle'un deneyini değişik sabit sıcaklıklarda yinelediler. Parametrenin aldığı değere göre, farklı yasaların geçerli olabileceğini anladılar. Boyle, basıncı bazen bağımsız bir değişken olarak kullanır, bazen de hacmi yönlendirerek basınçtaki değişimi ölçerdi.

Değişkenleri ayırma ve parametreleri saptama gereksinimi deneylerin kullanım alanını ciddi bir biçimde sınırlar. Özellikle insan edimleri dünyasında, değişkenlerin ve parametrelerin pratik ayrımının olanaksız olduğu birçok olgu vardır. Örneğin toplum bilimlerinde bir insan davranışı, bu davranışı etkileyen koşulların çerçevesine oturtulmalıdır. Çünkü bir davranış belirli bir bağlamdan yalıtılarak yorumlanamaz. Bağlam, davranışın hangi olası etkiye yol açacağını belirler. Örneğin bir gülümseme, onu önceleyen ve ona eşlik eden diğer edimlere bağlı olarak çok farklı anlamlara gelebilir. Bir gülümseme, bağlamına göre, dostane bir saygının ifadesi de olabilir, bir tehdit anlamına da gelebilir.

Ancak, bilgi taşımasına karşın gerçek bir deneyin yönlendirici karakterinden yoksun olan başka bir müdahale biçimi daha vardır. Bu tür bir müdahaleye "keşif" diyebiliriz. Bir anatomist hayvan ya da bitkiyi kesip biçerken, bir jeolog

dünyanın kabuk yapısının taslağını çıkarırken deney yapıyor sayılmaz. Daha ortalama yöntemler vardır: Kısmen deney, kısmen keşif gibi. Sözgelimi, kristallerin yapısını öğrenmek için X ışını kullanmak, gerçek deneylerde başvurulan manipülasyonların benzerlerini gerektirir. Saf keşifleri, bu kitapta topladığım deneyler arasına almadım. Ama yine de Aristoteles'in her gün yumurta kırmakla güçlü bir keşfe yöneldiğini hissedeceksiniz.

Hangi tür sorunlar deney aracılığıyla incelenebilir?

En yaygın deney türü, kimi değişebilir özelliklerin farklı koşullar altında ölçülmesidir. Örneğin, erimiş potasyum kloridin değişik sıcaklıklardaki elektrik iletkenliği ölçülür. Sonuç, iki değişkeni bağlayan matematiksel bir fonksiyondur. Diyelim ki bunlar k ve Q harfleriyle gösterilsin. Elektrik iletkenliği k, sıcaklık Q, a bir sabit olduğunda şöyle bir görünüm ortaya çıkar:

$$k = aQ^2$$

Boyle Yasası'na götüren deneyler bu tür çalışmaların kusursuz bir örneğidir. Buna benzer yönlendirmeler, bir yasanın geçerli olacağı alanın sınırlarını belirlemek için kolaylıkla genişletilebilir. Acaba Boyle Yasası çok yüksek ve çok düşük sıcaklıklardaki gazlar için, havadan çok daha yoğun gazlar için de geçerli midir? Bu tür bir soru, değişkenlerin çok farklı değerlere uygulanmasıyla yanıtlanabilir.

Büyük olasılıkla ikinci yaygın deney türü, keşifle sonuçlanan bir incelemede ortaya çıkarılmış nesnelerin yapısıyla ilgilidir. Hales'in bitkilerin sıvı dolaşımı hakkında bilgi edinmek için yaptığı çalışmalar, Nehemiah Grews'un kök yapısıyla ilgili buluşlarına, köklerin sıvı dolu kanallardan oluştuğunu bulmasına dayanıyordu.

Yukarıda anlatılan iki tür deneyden daha nadir, ama bir kuramın sınanmasında çok yardımcı olan, gerçek dünyada daha önce tanımlanmamış bir şeyin varlığını ortaya çıkaran deneyler de vardır. Bazen bir şeyin varlığına ilişkin beklentiler boşa çıkabilir. Genellikle bir kuramdan esinlenen bilinçli bir araştırma programı vardır. Nesnelerin, maddelerin ya da süreçlerin nasıl olabileceğiyle ilgili bir ön belirleme araştırmaya rehberlik eder. Bu kitapta bu tür deneylerden çok sayıda örnek verildi. Davy'nin alkali metalleri başarıyla ayrıştırması, yalnızca bir tekniği cesurca genişletmesine değil, aynı zamanda onu kullanarak ne bulabileceğine ilişkin bir düşünceye sahip olmasına bağlıydı.



L. R. imzasını ve 1827 tarihini taşıyan *Kimyacının Laboratuvarı* adlı yağlıboya tablo. Bu eser Oxford Üniversitesi Bilim Tarihi Müzesi'nde sergilenmektedir. Resmin Sir Humphry Davy ve asistanını temsil ettiği söylenmektedir.

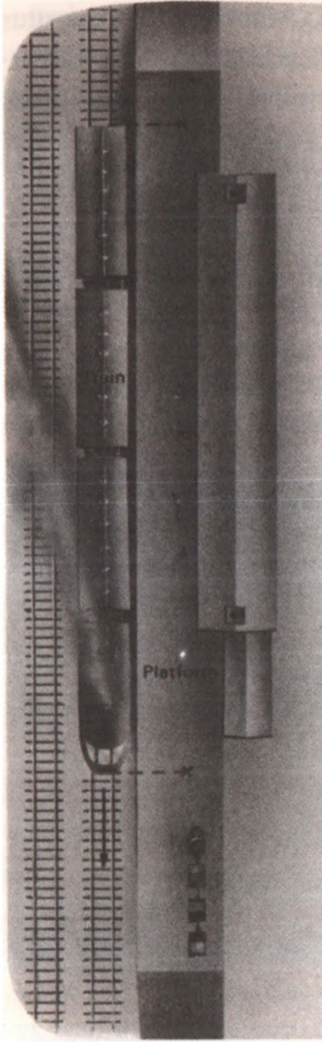
Araçlar

Deneye romantik gözle bakan kişi, aygıtları ve donanımları gözünde büyütür. Parıldayan metal aksam ve gizemli sa-

yaçlar estetik ilginin odağıdır. Ama bilimadamları duyulur dünyayı incelemek için neden donanıma gereksinim duyarlar? Üç tür aygıt arasında ayrım yapılarak bu soruya açıklık getirilebilir. İlkin, ölçüm yapmaya yarayan donanım vardır: Saat, sayaç, taksimatlı cetveller gibi... Sonra, insan duyumlarını güçlendirmeye yarayan aygıtlar vardır: Mikroskop, teleskop, güçlendirici steteskop gibi... Ama deneyin özünde, deneyciye incelemek istediği etkileri ve bu etkilerin olası sonuçlarını yalıtma olanağı veren donanım vardır.

Ölçü araçları ve insan duyumlarını güçlendiren donanımlar ile nesneler arasında birtakım ilişkilerin olduğu düşünülür. Bir metal çubuğun uzunluğunu ölçmek için kullanılabilecek taksimatlı bir cetvel düşünelim. Ölçümün sonucunu, metal çubuğun uzunluğu olarak kabul ederken birçok fiziksel varsayımlarda bulunmak zorundayız. Çubuğun ucu ile cetvelin üzerinde ona denk gelen işaretin kesiştikleri yargısına varılmış olmalıdır. Ama gözün doğru gördüğünü kesinleştirmek için, ışınların ışık kaynağı ile göz arasındaki yolu düz bir doğrultuda izlediğini varsaymak gerekir. Ölçme işlemi cetveli hareket ettirmeyi gerektiğinde, çok daha muğlak varsayımlara başvurmak gerekebilir. Cetvel, ölçülecek şey boyunca uzatıldığında, ne kısalmalı ne de uzamalıdır.

'Bütün bunlar aşikârdır, lafını etmeye ne lüzum var' diyebilirsiniz. Ama ölçü donanımının ölçülmekte olan şeye göre hareket halinde olduğu durumlarda sağduyuya dayalı birçok varsayımımızın açıkça yanlış olduğu ortaya çıkar. Bir ölçü aygıtı, durağan (görece durağan) bir şeyin yanından geçiyorsa, hareket doğrultusu boyunca "büzülür"; öyle ki, durağan nesne, kendisi de durağan olan bir aygıt tarafından ölçüldüğünde, olduğundan daha uzunmuş gibi görünür. Duyarlı bir fizik kuramının, bu olgulara yer vermesi gerekir. Buna benzer konulardaki daha vahim endişeler, fizikçileri kesin uzunluk ko-

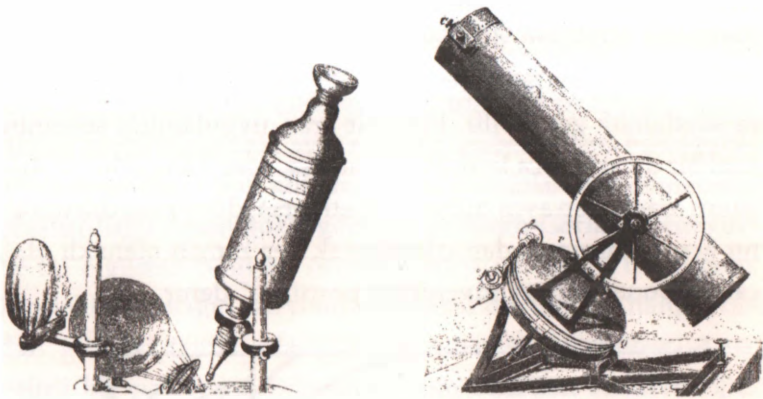


Einstein hareket yönündeki bariz daralmanın ölçülmesini, tren istasyonunda bekleyen bir yolcunun hareket eden trenin uzunluğunu ölçmeye çalıştığını hayal ederek bize açıklamaya çalıştı.

nusunda tuhaf varsayımlarda bulunmaya itti. Buna örnek olarak ilerdeki bölümlerde Michelson ile Morley'in dünyanın boşluktaki hızını ölçme çabalarını anlatacağım.

Mikroskop ve teleskop, duyularımızın uzantıları sayılırlar. Ama bu araçların, ister bakteri kadar küçük, isterse yıldızlar kadar büyük olsun, gerçek dünyanın bir parçasına ilişkin doğru bilgiler edinmemize yardım edeceklerine inanıyorsak, ışığın doğası hakkındaki mevcut bilgilerimizin önemli bir bölümünü peşinen kabullenmemiz gerekir. Göletteki suyu incelemek için büyüteç kullanan bir kimse için bunun pek bir önemi yoktur. Ne de olsa büyüteç, çıplak gözle görülenden çok daha fazlasını göstermez. Ama inceleme konusu, çıplak gözle erişilemeyen mikroskobik canlılar ya da ışık yıllarıyla ölçülen uzaklıktaki yıldızlarsa, fizik bilgilerinin sağlam basamaklar üzerinde yükselmesi gerekir. Örneğin astronomlar teleskop kullandıklarında, uzak galaksilerin sandıklarından çok daha fazla kırmızı ışık yaydık-

larını fark ettiler. Oysa daha yakındaki uzay cisimleri onlar kadar kırmızı ışık yaymıyordu. Ama fizik bilgilerimiz bize, bir şey ne denli hızlı gözden yiterse, yaydığı ışık da o denli kırmızı görünür, diye öğretiyor. Astronomlar bir yorum sorunuyla karşı karşıya kalmışlardı. Yoksa, yaklaşık aynı uzaklıkta bulunan kırmızımsı nesneler aslında mavi yıldızlardı da, kırmızı ışık mı yayıyorlardı? Peki, böyle değilse, acaba yakın çevremizdeki nesnelerle aynı dalga boyunda ışık yaymalarına karşın, büyük bir hızla bizden uzaklaştıkları için mi, kırmızı görünüyorlardı? Birçok nedenden ötürü astronomlar ikinci çözümü seçtiler.

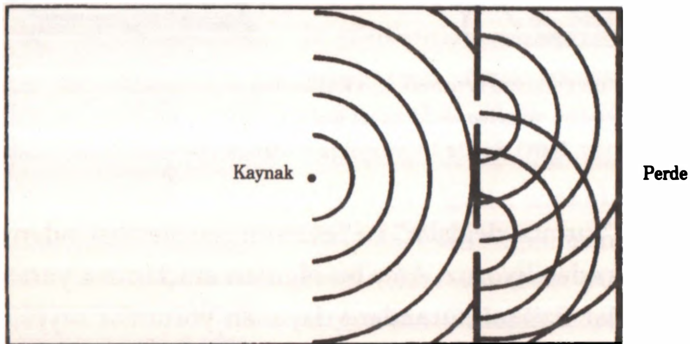


Duyularımızın etkisini artırmak için kullanılan iki temel araç. *Solda*, Robert Boyle'un asistanı ve çalışma arkadaşı Robert Hook tarafından kullanılan bir mikroskop (y. 1664). Sağda 19. yüzyılda kullanılan bir yansıtmalı teleskop.

Artık "kırmızı değişim" ve "evrenin genişlemesi"nden güvenle söz edebiliyoruz. Ama bu olguları araçlarımız yaratmıyor; bunlar fiziksel kuramlara dayanan yorumlar sayesinde ortaya çıkarılıyor. İster bir yorumu şöyle ya da böyle güçlendirmek için geliştirilen, isterse açığa çıkarmaya çalıştığımız olgularla çok karmaşık ilişkileri olan bir araçla uğraşıyor

olalım, aracın güvenilirliğini herhangi bir doğa olayının özgün bir kaydı gibi kabul etmedeki niyetimiz, dünya hali ile bu halin araç üzerinde yarattığı etkiler arasındaki nedensel ilişkilere olan inancımızın gücüne bağlıdır. Termometre buna iyi bir örnektir. Basit bir nedensel ilişki, bir maddenin ölçülen sıcaklığı ile o sıcaklığın sıvıda neden olduğu genleşme arasında bağlantı kurmamıza izin verir. Sıcaklık ne kadar yüksekse, sıvının genleşmesi de o kadar çok olur; buna uygun olarak termometre tüpü içindeki sıvının boyu o kadar uzun olur.

Yaygın kullanımlı araçların büyük çoğunluğunda, araç ile nesnesi arasında sıkı bir ilişki vardır. Fiziksel ilişkiler karmaşık olsa da, kesinlik halindeki bir dünyanın etkilediği araç, kendisini etkileyen dünyanın kesinliğini aynen kazanır. Bu tür araçlara "saydam" denebilir. Biraz maharet bütün araçlara saydamlık getirebilir. Eğer bir araç, uygulandığı sistemin özel bir durumunca kesinlik kazanırsa, eğer dünyanın bir durumu araçta hep aynı durumu üretiyorsa, dünyanın durumunu aracın durumundan çıkarsamak her zaman olanaklı olacaktır. Buna "ölçüm güvenirliği postülası" denir.



Dalgaların parazit kalıbı: Tek tek elektronların tüm fiziksel özelliklerinin tam olarak ölçülmesinden önce, katı bir perde üzerindeki yarıklardan salınan elektron demetleri dalga gibi davranıyor.

Ne yazık ki, ölçüm güvenirliği postülasına çok da güvenmemek gerekir. Kimi sosyologlar, doğabilimlerinden ithal ettikleri yöntemleri anket yapmakta kullandılar. İnsanların tavır ve inançlarını ölçebileceklerine inandılar; böylece ölçüm güvenirliği postülasını göz ardı ettiler. Anketler saydam değildir; zaten görüşme sırasında sorulara verilen yanıtlardan, kendisiyle anket yapılan kişinin tavrının belirlenebileceğini sanmak akıllıca bir tutum değildir. İnsanlar araştırmacı karşısında iyi görünmek isterler; görüşmeler yüz yüze yapılmasa bile... Benzer sorunlar fizik bilimlerindeki araç seçiminde bile yaşanmaktadır. Atomaltı parçacıklarının hep aynı şekilde hazırlanarak yapıldığı bir dizi deney her zaman farklı sonuçlar verecektir. Parçacık demetlerinin hazırlanması ne denli kesin olursa olsun, geniş bir alana dağılan farklı farklı sonuçlarla karşılaşılacaktır. Eğer elektron ışını ufak bir delikten gönderilirse, hepsi ekrandaki aynı noktaya isabet etmez. Fotografik levha detektör olarak kullanıldığında, dağılan ışık demetinin oluşturduğu desen gözle görülebilir. Stern-Gerlach deneyinde bu olgunun basit bir örneğini görürüz. Belirli bir aygıtın içindeki parçacığın izleyebileceği olası durumları, hangi yoldan gitmeyi tercih edeceğini önceden söyleyebiliriz. Ama belirli bir parçacığın izleyeceği yolu önceden kestiremeyiz. Bildiğimiz tek şey, sonuçta parçacıkların yarısının bir yolu, yarısının da başka yolu seçeceğidir.

Ama etki ve eğilimleri birer birer izlemeye olanak verecek kadar yalıtan aygıtların rolü, ölçü yöntemlerinin ve duyuların geliştirilmesinden daha önemlidir. Bu nasıl olanaklıdır? Bir deney aracını kullanıma sokmak, özünde yalıtılmış bir ortam yaratmaktır. Aygıtın içinde yaratılan basitleştirilmiş dünyada, incelenmek istenen özellikler yönlendirilebilirler. Bu tür bir deneyi betimlemek için kullanılacak bağımlı ve bağımsız değişken terimlerini daha önceki sayfalarda açıklamıştım.

Araç tüm dış etkilerden arındırılmış, yani onun üzerindeki dış etkiler parametreler halinde sabitlenmiş diye düşünülür. Michelson ve Morley, aygıtlarını bir cıva küvetinde yüzdürerek, Cleveland kentinden kaynaklanan titreşimleri ve diğer engelleri yalıtmayı başarmışlardı. Bazen dışsal etkiler elenemez; ancak aygıta hep aynı etkide bulunacak biçimde kontrol altına alınabilir. Boyle ve Hooke, kapalı bir kaptaki havanın basıncını önce artırıp hafifçe ısınmasını, sonra basıncı azaltıp yeniden oda sıcaklığına düşmesini sağladılar. Sıcaklığın etkisini engelleyemezlerdi. Ama sıcaklığı sabit tutarak, etkisinin hep aynı kalacağını varsayabilirlerdi. Kimi zaman bir etmeni, olgunun kendisi bertaraf eder: Theodoric'in, yağmur damlalarını temsil eden su dolu kapların sabit ivmeyle düştüklerini teyit etmesine gerek yoktu. Yağmur perdesindeki damlaların pratik uygulamalar açısından hareketsiz sayılacak kadar hızla birbirlerini izlediğini fark etmişti.

Bu yazıyı izleyen yirmi olayın öyküsü, deneyin bilimsel bilginin kazanılmasındaki rolü ve bu rolü nasıl oynadığı hakkında buraya kadar vurgulamaya çalıştığım noktaları örneklendirmek için seçilmişlerdir. Ama deneysel bilimin romantik yanını da unutmadım. Umarım bunlar insanın beceri ve dehasının örnekleri olarak okunur, her deney kendine özgü özelliği ile bir sanat yapıtı gibi görülür.

I

YÖNTEMİN BİÇİMSEL TARZLARI

A

Doğal Süreçlerin Özelliklerini Keşfetmek

Bir bilimadamının etkin olarak bilgiyi aramada başvurabileceği en basit yol, doğal süreçleri yapay olarak işletmektir. Ancak kimi zaman bu süreç onun denetiminden çıkar. Bu bölümde iki araştırma biçimini anlatacağım: Biri Aristoteles'in civciv embriyolojisine ilişkin araştırması, öteki William Beaumont'un sindirim işlemine ilişkin araştırması. Her iki durumda da doğal süreç soyutlanıp sistematik olarak gözlemlendi. Ama sonraki gelişmeler kontrol altına alınamadı.

1. ARİSTOTELES

Civciv Embriyolojisi

Aristoteles, Küçük Asya'da bir Yunan kolonisi olan Stagra'da, MÖ 384 yılında doğdu. Babası bir doktor ve Asklepiad loncasının bir üyesiydi. Aristoteles daha çocukken yetim kalmış ve bir akrabası tarafından yetiştirilmişti. Göründüğü kadarıyla, çocukluğundan itibaren babasından tıp ve biyoloji konularından eğitim almış olmalı.


Aristoteles'in portre büstü. Roma, Terme Müzesi.

18 yaşında Atina'da, Platon'un Akademi'sine girdi. MÖ 347 yılında Platon'un ölümüne kadar orada kaldı. Gençliği hakkındaki bilgiler kopuk kopuktur. Yaşamının bu dönemine ilişkin anektodlardan anlaşıldığı kadarıyla, hiçbir çağda eşine rastlanmayacak entelektüel becerileri, zarafeti ve gösterişli tavırlarıyla çok kişiyi kıskandırmış olmalı. Platon'un ölümünden sonra, Atarneus'a gitmek üzere Atina'yı terk etti. Burası küçük bir kent devletiydi. Yönetici Hermias, Platon'un öğretilerinden etkilenmiş bir bilginler topluluğunu buraya toplamıştı. Aristoteles buraya vardıktan kısa bir süre sonra Hermias'ın evlatlık kızı Pythia ile evlendi. Sadece bir kız çocuğu dünyaya getirdiler

ve çocuğa annesinin adı verildi. Karısının ölümünden sonra Aristoteles, Herpyllide adlı kadınla birlikte yaşamaya başladı. Evlendiklerine dair bir bilgi yok elimizde. Ama ondan doğan oğlu Nikomakhos'a ithafen yazdığı *Nikomakhos'a Etik*, ahlak felsefesinin bir başyapıtı olarak günümüze ulaşmıştır.

Aristoteles Atarneus'ta üç yıl kaldıktan sonra Lesbos Adası'ndaki Mytilene'ye gitti. Göründüğü kadarıyla biyoloji araştırmalarının çoğunu orada bulunduğu sıralarda gerçekleştirmiştir. MÖ 343 ya da 342 yılında Makedonyalı Philip'in oğlu İskender'e özel ders vermek için çağırıldı. Sekiz yıl sonra Atina'ya dönerek kendi okulu ve kütüphanesi Lykeon'u kurdu.

Akademi ya da Lykeon gibi okullar kısmen günümüzün üniversiteleri gibi işlev görüyorlardı; ne var ki o denli örgütlenmiş değillerdi. MÖ 322'de Makedonyalılarla arası bozulunca Khalkhis'e çekildi gitti. Aristoteles, Atinalılara, Sokrates'e yaptıklarını yapma fırsatı vermek istememişti. Khalkhis'e gittikten kısa bir süre sonra öldü.

Aristoteles'ten önce organik üreme kuramları

Aristoteles, Darwin ile birlikte en büyük biyologlar arasında sayılmalıdır. Organik formlar üzerine sistematik gözlemde bulunmuş ilk kişiler arasında Aristoteles'in adı geçer. Ayrıca organik formlara ilişkin *Historia Animalium* adlı ayrıntılı bir eser yazmıştır. Anlatacağım deney sonraki tüm embriyoloji çalışmalarının temelini hazırlamıştır. Bu deney hem sistematik olması hem de araştırmanın sonuçları bakımından, Aristoteles'in soruna eğilmesindeki ince zekâyı gösteriyor.

"Üreme"nin doğası, bitkilerin, hayvanların var olma sorunları, Aristoteles öncesi Yunanlı düşünürlerce derinlemesine değerlendirilmişti. Bitkiler ve hayvanlar nasıl varlık kazanıyordu? Öyle görünüyor ki, bunlar temel, değişmeyen kütlelerden oluşuyorlar, ama gene de hızlı biçimde incelmiş ve eklemli yapılara kavuşuyorlardı. Acaba bu yapı sadece

daha önceden var olan bir planın gerçekleşmesi midir (önceden oluşum kuramı), yoksa varlık kazanma, adım adım büyüme ve yayılma sürecinin değişik evreleri olarak gelişme midir (sıralıoluş/ipigenesis kuramı)? Bu sorun bugün bile tam olarak çözülmüş değildir. Üreme sürecini anlama girişimleri antik çağlara dayanır; hatta MÖ 345'te Aristoteles'in kendisi bile bu soruna ilgi duymuş öncellerinin öğretilerinden yararlanmıştı.

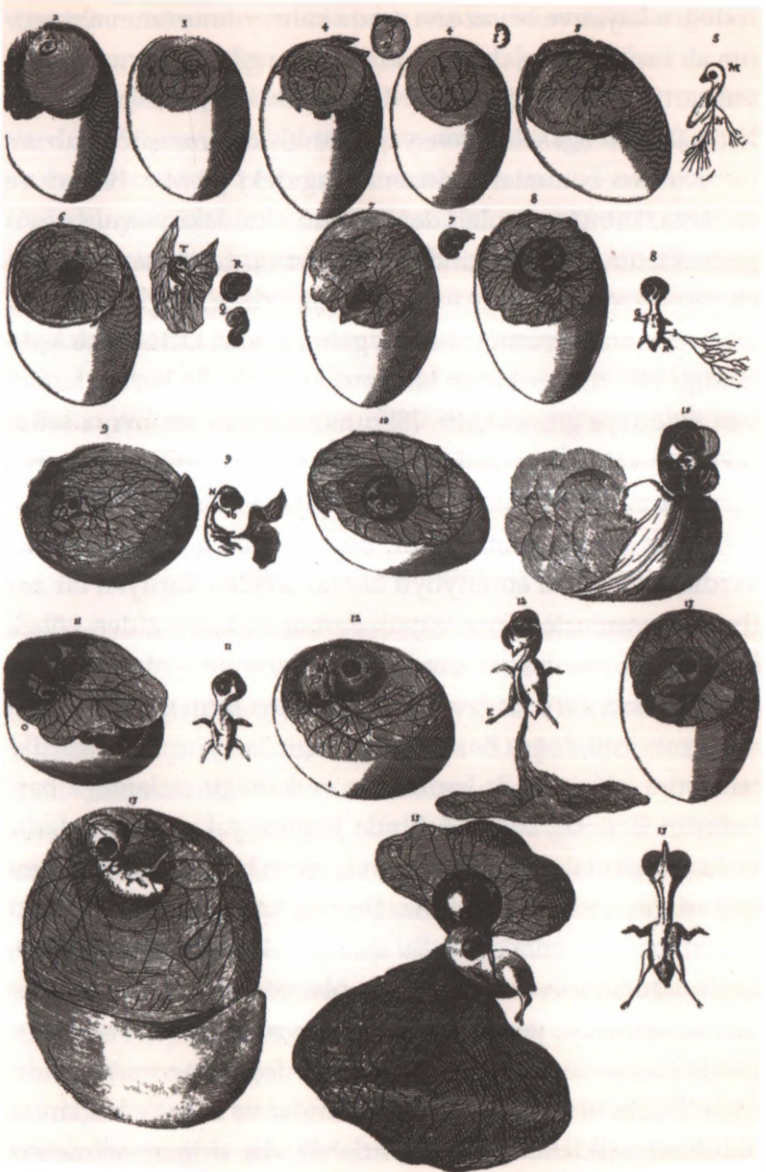
Aristoteles öncesi dönemden elimize geçen en iyi tıbbi deneme, Hippokratik yazılardır. Bu yazıları yazan düşünür ya da düşünürlerin, karşılaştırmalı embriyoloji yöntemi, insan olmayan türlerin embriyolojik oluşumları ve yeni insanların nasıl var oldukları konularında açık düşüncelere sahip olduğu anlaşılıyor. *Bebeğin Doğası Üzerine* adlı yapıtta açıklamalı bir çalışma en açık terimlerle sunulmaktadır. "Yirmi ya da daha fazla yumurta alıp civcivlerin yumurtalarından çıkmasını sağlamak için, onları iki ya da daha çok tavuğun altına yerleştirin. Sonra kuluçkanın ikinci gününden son güne değin, her gün bir yumurtayı alıp incelemek üzere kırın. Göreceksiniz, her şey, bu konuda söylediklerimi, bir kuşun doğası ile insanın doğasının karşılaştırılabileceğini doğruluyor." Ne var ki yorumcular, yazarın metinde öngördüğü tarifi izlemediği düşüncesindedirler. Eh, bu onun bileceği işti. Şimdi onun civcivlerin embriyonik gelişim aşamaları konusundaki açıklamalarını okuyacaksınız.

Yumurtaların açılması

"Yumurtadan çıkış bütün kuşlarda benzer biçimde gerçekleşir. Ama nüvenin oluşumundan kuşun oluşumuna kadar geçen süre, daha önce de söylendiği gibi farklılık gösterir. Ortalama bir tavukta embriyo üç gün üç gece içinde belirmeye başlar; daha büyük kuşlarda bu evre daha uzun, daha küçük olanlarda ise daha kısadır. Yumurta sarısı varlığa katıldık-

ça, sivri tarafa doğru, yumurtanın ana öğesinin bulunduğu ve yumurtanın çatladığı taraf büyür. Kalp, kan lekecikleri biçiminde yumurtanın akında belirmeye başlar. Bu nokta, yaşamı elinde taşırmış gibi çarpar ve devinir. Buradan, içinde kan bulunan iki damar yoluyla sarmal biçimde [yumurta maddesi büyüdükçe civardaki her iki zara doğru] yönelir; şimdi yumurta sarısını kaplayan ve lifleri taşıyan bir zar bu damarlardan itibaren oluşmaya başlar. Bir süre sonra beden fark edilmeye başlar; başlangıçta oldukça küçük ve beyazdır. Baş açıkça seçilebilir. Kafada gözler iyice dışa doğru şişmiş olarak fark edilebilir. Gözlerin bu durumu epey süre devam eder, ama yavaş yavaş küçülüp yuvalarına otururlar. Dış kesimde üst kısımla karşılaştırıldığında, alt kısım belirsiz bir biçimde görünmeye başlar. Kalpten başlayan iki damardan biri civardaki zara doğru, öteki göbek bağı gibi, yumurta sarısına doğru gitmektedir. Civcivin yaşam öğesi yumurtanın akındadır; besin ise göbek bağı yoluyla yumurtanın sarısından sağlanmaktadır.

"Yumurta on günlük olduğunda civciv bütün kısımlarıyla açıkça görülebilir. Kafa vücudun öteki kısımlarından daha büyüktür; gözler, bu dönemde siyah renkli ve fasulye tanesinden daha iridir. Üst deri soyulursa, içinde beyaz ve donuk bir sıvının olduğu, bunun güneş ışığında parladığı ve içinde sert bir maddenin bulunmadığı görülecektir. Bu dönemde daha iri olan iç organlar da görülebilir. Örneğin iç organların düzeni ve mide görülebilir; kalpten başlıyor gibi görünen damarlar ise göbeğe yakın bir konumdadırlar. Göbek bölgesinden bir çift damar uzamıştır; biri, yumurta sarısını sarmalayan zara doğru (yumurta sarısı şu an sıvıdır ya da normalden daha sıvımsıdır), öteki de civcivi saran zarı, yumurta sarısını saran zarı ve aradaki sıvıyı hep birlikte saran zara doğru uzar. [Civciv büyüdükçe yumurta sarısının bir kısmı yavaşça yuka-



Embriyo civcivler değişik evrelerde. H. Fabricius'un *De Formatione Ovi et Pulli* (Yumurta ve Pilicin Oluşumu Üzerine) adlı kitabından alınmıştır, Padua (1621).

rı doğru kayar ve beyaz sıvı arada kalır; yumurtanın akı sarının alt kısmındadır, dış kısımda olduğu gibi.] Onuncu günde yumurtanın akı en dış yüzeydedir; miktarı azalmış, maddesi katılaşmış, rengi solmuş ve yapışkanlık kazanmıştır.

"Kurucu bölümlerin düzeni aşağıdaki gibidir. Birinci ve en dışta, kabuğa ait olan değil, onun altındaki yumurta zarı gelmektedir. Bu zarın içinde ak bir sıvı vardır; daha sonra civciv ve onu sarmalayan, civcivi sıvıdan ayıran zar gelmektedir; civcivden sonra yumurta sarısı gelmektedir. Daha önce açıklandığı gibi damarlardan biri buraya, öteki de beyazı kaplayan maddeye gitmektedir. [Serumu andıran bir sıvıya sahip bir zar iç yapıyı kaplamaktadır. Daha sonra, embriyonun hemen yanında, önceden açıklandığı gibi kendisini sıvıdan ayıran başka bir zar gelmektedir. Bunun altında yumurta sarısı vardır; o da başka embriyoyu her iki sıvıdan koruyan bir zar (bu zara yumurta sarısı, büyük damar ve kalbe giden göbek kordonunu yine bu zar içinden ilerletir) içine sarılmıştır.]

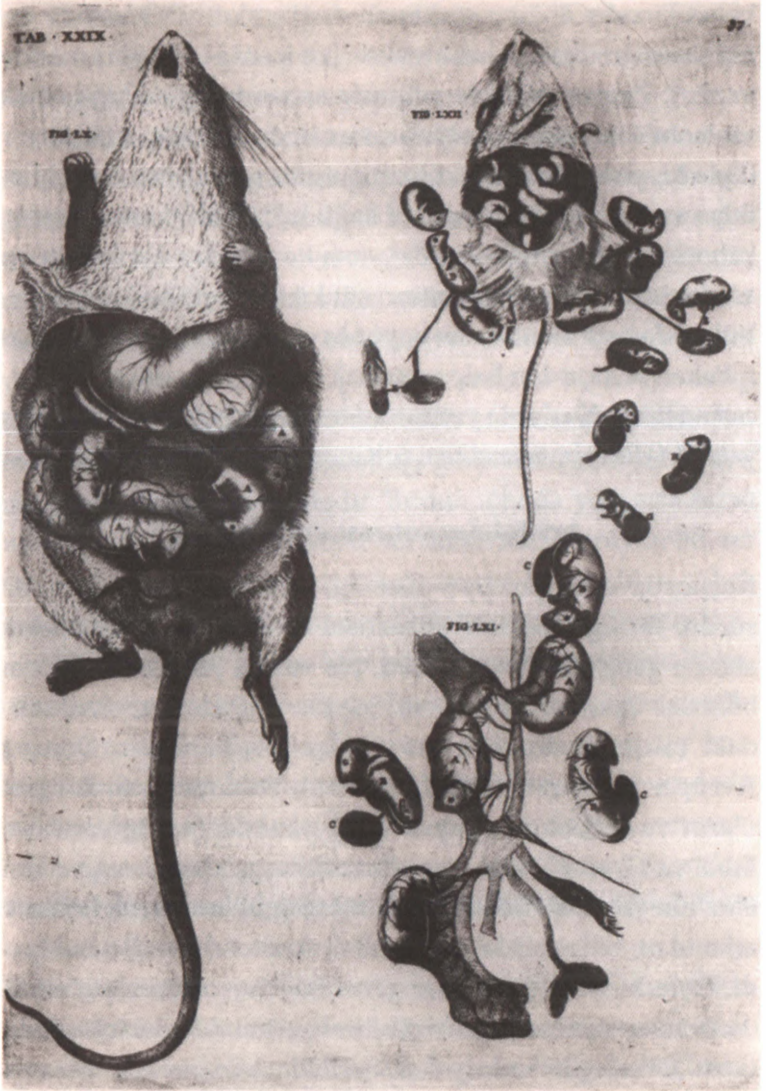
"Yirminci güne doğru eğer yumurtayı kırıp civcive dokunursanız, içeri doğru hareket edip kıpırdar; yirmi gün geçtikten sonra, civciv tüyle kaplanmış ve kabuğu çatlamaya başlamıştır. Baş, sağ bacak üstünde böğüre yakın konumdadır ve kanat başın üstündedir; bu anda zarın bir doğum sonrasını andırdığını açıkça görebiliriz. Bu zar, kabuğun en dışındaki zardan hemen sonra çıkar. Bu zara göbek bağlarından birinin bağlı olduğunu (ve civciv bütün olarak şu an bunun içindedir) söylemiştik; yumurta sarısını çevreleyen ve ona doğru gittiği açıklanan ikinci göbek bağı da doğum sonrasını andırıyor. Bunların ikisinin de büyük damar ve kalp ile bağlantılı oldukları açıklanmıştı. Bu şartlarda dış doğum-sonrasına bağlı olan göbek bağı bozulur ve civcivden ayrılır. Yumurta sarısına götüren zar ise yaratığın ince bağırsağına bağlıdır. Şu anda yumurta sarısının önemli bir kısmı civcivin içindedir.

Civcivin midesinde sarı bir pıhtı vardır. Bu ana kadar civciv, kalıntıları dış doğum-sonrasına doğru akıtır. Midesinde artıklar vardır; dıştaki kalıntı aktır (ve içerde beyaz bir madde vardır). Zaman geçtikçe yumurta sarısının büyüklüğü azala azala en son civciv tarafından tamamen tüketilip özümsenir (öyle ki, yumurtadan çıktıktan on gün sonra civcivi ortadan ikiye ayırırsanız, bağırsaklara bağlı küçük bir yumurta sarısı kalıntısını hâlâ görebilirsiniz); ama kordondan ayrılmıştır ve aradaki aralıkta bir şey yoktur; çünkü tümüyle kullanılmıştır. Yukarıda belirtilen zaman boyunca civciv uyur, uyanır, yukarı bakar ve kıpırdar; kalp ve göbek bağı ise, yaratık soluk alırcasına titrer. Kuşlarda yumurtadan üreme hakkında bu kadar yeter." (*Historia Animalium*, 6. Kitap, 561a3-562a20)

Aristoteles sonrası embriyoloji

Kuşkusuz embriyolojiye olan ilgi Aristoteles'ten sonra da sürdü. Bu ilgi özellikle gözlemsel ve deneysel çalışmaların alanını genişletmeye yönelikti. Ne var ki, Helenistik dönem bilimsel çalışmalarından ve büyük İskenderiye okullarındaki çalışmalardan çok azı elimize ulaşabilmiştir. Ortaçağ Avrupası, Yunan biliminin büyük bir bölümünü, antik öğretilerin yayılmasını sağlayan Arap yazarlardan öğrenmiştir. Tıbbi ve biyolojik bilginin en önemli kaynakları Galen ve İbni Sina'nın çalışmalarıdır. Ancak, ortaçağ bilimi birçok bölümü açısından, nihai bir kaynak olarak Aristoteles'e dönmekteydi. Öyle ki, yeni çalışmalar genellikle var olan Aristotelesçi denemeler üzerine yapılan eleştirel yorumculardan oluşmaktaydı. Ortaçağda embriyoloji, özellikle Aristoteles'in *Historia Animalium*'undan alıntıladığım bölümü örnek almıştı.

Aristotelesçi geleneğin en iyi yapıtlarından biri, 1276 yılı civarında Romalı Giles tarafından yazıldı. *De Formalitione Corporis Humani in Utero* adlı bu çalışmada, erkek ve dişi



Fare embriyoları. Fetüse nasıl kan taşındığının anlaşılmasında 16. yüzyılda kaydedilen gelişmeleri gösteren bir resim. H. Fabricius'un *De Formato Foetu* (Padua, 1604) adlı eserinden alınmış gravür, tablo xxii.

ebeveynin doğurganlık sürecine katkılarına ilişkin kuramsal tartışmalar bulunmaktadır. Burada, Aristoteles'in kuşların gelişimini incelemesini, insanın embriyolojik gelişimini de içine alabilecek biçimde genişleten, ceninin gelişimine ilişkin ayrıntılı açıklamalar mevcuttur. Giles'in denemesi olumlu yönde eleştiriler aldı. Bu çalışma ortaçağın embriyoloji bilgisini oldukça iyi bir biçimde açıklığa kavuşturuyor. Hewson'a göre Forlili James ve Gorbolu Thomas'ın, Giles'in embriyoyu saran zara ilişkin açıklamasına yöneltikleri eleştiriler, Aristoteles'ten başka otoritelerin düşüncelerine de başvurulduğunun bir işaretidir. Bu, özellikle Arap kökenli çalışmalarda belirgindir.

Sorun üç embriyonik zarın durumu, işlevi ve gelişim düzeni üzerine kurulmaktadır. Giles'in açıklamalarına getirilen eleştiriler, yeni otoritelerin bilgilerinin yanı sıra diseksiyon tekniğinin de geliştiğini gösteriyor. Zarların gelişim düzeni pek önemli görünmeyebilir. Ne var ki bu sorun, preformasyoncular ile epigenetikçiler arasında, erken Yunan zamanında başlayan bir tartışmayla ilintiliydi.

Galen'in yazıları üzerinde çalışırken Giles, Aristoteles'in herhangi bir yapıtından daha ayrıntılı bir kaynağı ele almak zorundaydı. Ancak embriyoloji tarihinde herhangi bir bilimsel devrim söz konusu değildir. Başarılı gözlemciler açıklamalarının niteliği ve dakikliğini geliştirip geleneksel bilgiyi artırıp düzeltiyorlardı. 1604 yılında Fabricius, *De Formato Foetu* adlı çalışmasında Aristoteles'in daha önceden kaydettiği yapılara oldukça benzer sistemler bulmuştu. Ayrıca Romalı Giles'i de meşgul eden benzer sorunları tartışmıştı. Hepsi cenine ait zarların ikili bir işlev yüklendikleri konusunda birleşiyorlardı. Bu zarlar bir yandan embriyoyu korurken, öte yandan atıkları topluyorlardı. Hepsi de ceninin gelişme sırasında gösterdiği ahengin, diğer tüm evrelerin kan

mekanizmasının gelişmesine bağlanmasıyla en iyi biçimde incelenebileceğini anlamıştı. Fabricius göbek bağının dolaşım sistemine daha ayrıntılı bir açıklama eklemekle, büyümekte olan bilgi yapısına bir tuğla daha eklemiş oldu.

Aristoteles'in bilgisinin berraklığı, değişik evreleri gözlemlerken gösterdiği özen, özellikle yumurtanın sarısı ile akının ayrı ayrı işlevlerini ve genel olarak temel fizyolojik ilkeleri kavrayışı hayranlık uyandırmaktadır. Aristoteles, memelilerin doğumu ile zarları karşılaştırırken, embriyoloji gözlemlerini bir türden diğer türlere doğru genelleştiriyor.

Peki, bu çalışma hangi anlamda bir deneydir? Kanımca, verili nesneler ve doğal süreçleri keşfetmeye yönelik ampirik araştırmalar ile nedensel etkileri soyutlayıp onların bireysel etkilerini belirginleştirmek üzere etkin müdahalelerde bulunan araştırmaları birbirinden ayrı tutmak gerekir. Yunan bilimi büyük ölçüde keşifsel ve kuramsaldı. Ancak burada bir dizi yumurtanın kontrollü kullanımında, müdahale ve önlemler içeren bir araştırma tekniğiyle karşı karşıyayız. Aristoteles edilgin biçimde civcivin gelişim aşamalarının açığa kavuşmasını beklemedi; tersine Hippokratçı yazar tarafından önerilen doğal sürece, etkin müdahale yöntemini uyguladı.

Ek okumalar

Aristoteles, *Historia Animalium*, çev. D. W. Thompson, Oxford, 1910.

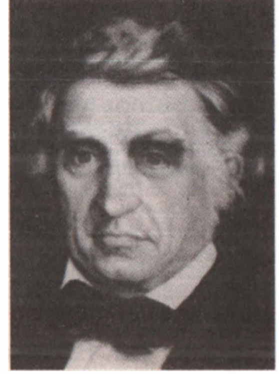
Adelman, H. A., *The Embryological Treatises of Hieronymus Fabricus*, Ithaca, N. Y. Cilt I, sayfa 37, 1942.

Allan, D. J., *The Philosophy of Aristotle*, 2. baskı, Oxford, 1970.

Hewson, M. A., *Giles of Rome and the Medieval Theory of Conception*, Londra, 1975.

2. WILLIAM BEAUMONT

Sindirim İşleminin Kimyası



William Beaumont'un portresi. Ulusal Tıp Kütüphanesi, Bethesda Maryland.

Bir çiftçinin oğlu olan William Beaumont 1785 yılında Connecticut Lebanon'da doğdu. Maceracı mizacından dolayı 1806 yılında "bir at, bir bıçak, bir fıçı şarap ve 100 dolar parayla birlikte" evi terk etti. İlkin, 1807 yılında Champlain'de (New York) öğretmen olarak çalışmaya başladı. Okulda görev yaptığı süre içinde tıp kitapları ödünç alıyor, bu konuyla ilgili bilim dalları üzerinde çalışmalar yapıyordu. 1810 yılında Vermont'ta, St. Albans'taki Dr. B. Chandler'in yanına çırak olarak girdi ve iki yıl sonra çalışma izni aldı. 1812 yılında, İngiliz işgalcileriyle savaşan Amerikan ordusuna katıldı. Görevi gereği Michigan bölgesindeki Fort Mackinac'a gönderildi.

Beaumont'un, işte orada, yaralı bir asker üzerinde yürüttüğü büyük deney programı bu bölümün konusunu oluşturuyor.

Anlaşıldığı kadarıyla, Beaumont orduda geçirdiği günlerden çok memnundu. 1839'a kadar çeşitli mevkilerde çalışa-

rak orduda kaldı. Sindirim işleminin kimyası üzerine çalışmalarıyla o yıllarda uluslararası üne kavuşmuştu. Özellikle Almanya'da Johannes Müller gibi işçiler üzerinde etkiliydi.

Son kez St. Louis'ye tayin oldu. Burada ordudan ayrılarak çalışmaya başladı. 1853'te attan düşerek yaralandı. Çok geçmeden bu nedenle oluşan enfeksiyon yüzünden öldü.

Sindirim üzerine ilk çalışmalar

19. yüzyıldan önce sindirime ilişkin çalışmaların en olgunları J. B. van Helmont adlı bir Flaman doktora aittir. Helmont özgün ve büyük düşünen bir kimseydi. Üstün yetenekleri ve dehasıyla deneysel çalışmalarını yürütmekle kalmıyor sindirim kuramını test etmek (ya da tanıtlamak) için deneyler tasarlıyordu. Çalışmasının büyük bölümü, garip ama oldukça popüler kitabı *Oriatrike veya Arıtılmış Fizik*'te (İngilizce çevirisi 1662'de yayımlanmıştı) toplanmıştır. Bütün büyük bilimadamları gibi, o da kendi kuramını önermeden önce, yanlışlığı açıkça anlaşılmış kuramları derleyip toplar, sonra bir güzel süpürür. Van Helmont zamanında insanların çoğu sindirim işlemini, mide sıcaklığında gerçekleşen bir pişme olayı olarak düşünüyordu. "Pişirme" kuramını reddetmesi için ona bir gözlem yeterdi. "Balık aslında sıcak olmamasına rağmen, sıcak hayvanlardan daha kötü sindiriyor değil." Soğukkanlı balık, en az sıcakkanlı hayvanlar kadar iyi biçimde yiyeceğini sindirir.

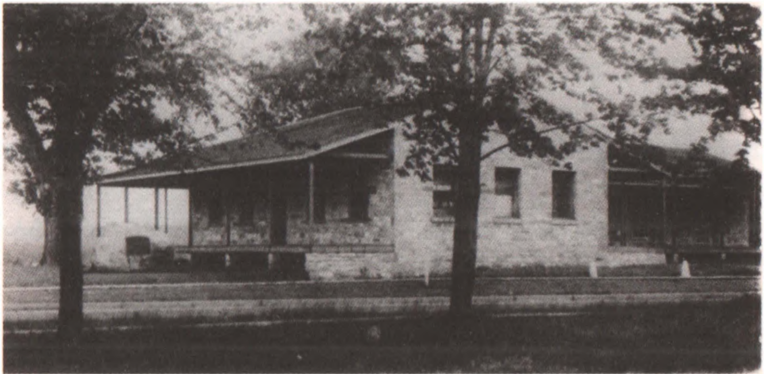
Van Helmont hazımsızlığı gidermek için alkalik tedaviyi ilk defa önermiş olmasıyla bilinir. Bu tedaviyi mide sıvısının asidik olduğu gözlemi üzerinde temellendirmişti. Helmont şunları söylüyor: "... birkaç kez dilimi dışarı uzattım, öyle ki,

[evcil] bir serçe gagalayıp yutmaya çalıştı. Derken, serçenin boğazında keskin bir şey olması gerektiğini anladım. O

zamandan beri onların niçin bu kadar iştahla yediklerini ve çabucak sindirdiklerini anladım."

Ancak tek başına asit sindirim için yeterli değildir. Helmont, bunu sirkenin eti çözemediğini göstererek kanıtladı. Farklı yiyecek türleri için özel etkileri olan başka mayaların olması gerektiğini düşünüyordu: "Çünkü aç farenin ölümü, koca bir güvercini mideye indirmiş fareden tezdir." Van Helmont'un maya kavramı bizim modern enzim kavramına oldukça yakındır. Ona göre mayalar sadece midede ve onikiparmakbağırsağında olmakla kalmayıp (onikiparmakbağırsağının alkali sıvılar içerdiğini biliyordu), her organ kendine özgü enzim veya mayaya sahipti. "Öyle ki, doğuştan gelen ruh her yerde kendi besinini pişirebilir"di.

Van Helmont'un çalışmaları ile William Beaumont'un daha sonra gerçekleştirdikleri arasında geçen süre içinde, sindirim işleminin deneysel incelenmeye tabi tutulmasında çok küçük ilerlemeler kaydedildi. Bu, biyokimyasal çalışmalarda bir duraklamadan çok, van Helmont'un kullandığı kavramların gelişmiş olduğunu gösteriyor.



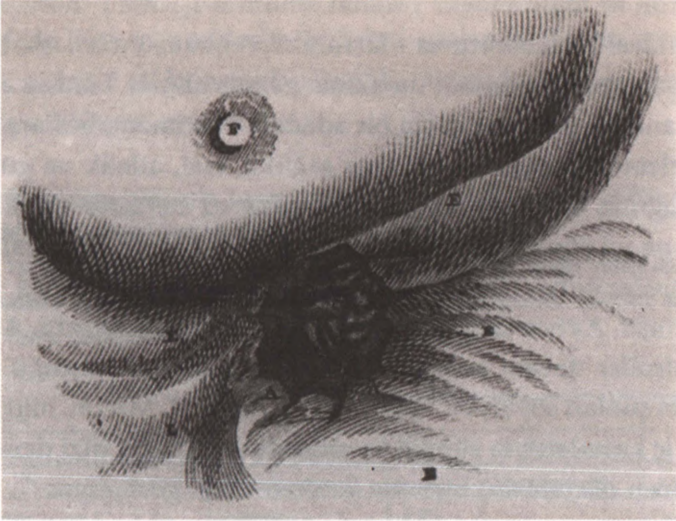
Wisconsin Prairie du Chien'deki Crawford Kalesi. Beaumont'un bir yandan çalışmalarını sürdürerek görev yaptığı pek çok kaleden bir tanesi. Ulusal Tıp Kütüphanesi, Bethesda Maryland.

Van Helmont, özünde modern bir enzim kavramını bilime sokmakla kalmadı, bakteri kuramına öncülük edecek tıbbi istila kuramını da ortaya atan ilk kişi oldu. Ona göre hastalık, vücudu işgal edip, yaşamsal işlemleri kendi çıkarları için bozan yabancı *'archeae'* sonucunda oluşur. Bunlar genel olarak hastalığın dolaysız belirtileri olan zehirli atıklarını vücuda bırakırlar. Helmont, tıp adamları arasında büyük saygınlık görüyordu.

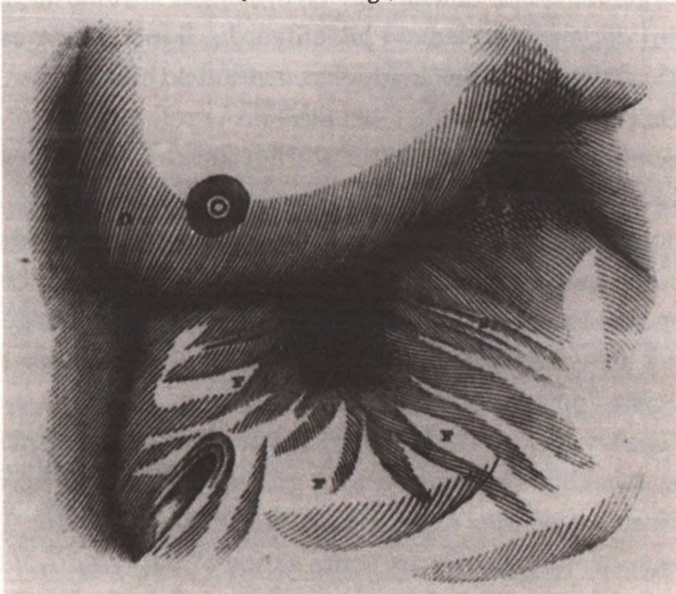
St. Martin deneyi

6 Haziran 1822'de orduda ulaştırma görevinde çalışan Fransız asıllı Kanadalı Alexis St. Martin, yakınında bulunan bir tüfeğin kazara patlaması sonucunda karnından yaralandı. St. Martin henüz on sekizindeydi, ama oldukça heybetliydi. Yaralı, Beaumont'a getirildiğinde, cerrahımız karın ve mide çeperlerinde delinme dahil, çok ciddi yaralar tespit etti. Karın bölgesindeki bir delikten "hastanın, sabah kahvaltısında yediği besin dışarı akmaktaydı." St. Martin güçlü bir fiziğe sahip olmalıydı. Yarasındaki bir enfeksiyondan dolayı ateşi çıktığında yaklaşık yarım kilo kan kaybetmişti. Beaumont'a göre "kanama atardamarın faaliyetini azaltıyor ve rahatlamaya neden oluyordu" (!)

Yaranın durumu giderek düzeliyordu. Başlangıçta St. Martin midesinde hiçbir yiyeceği alıkoyamıyordu. Zamanla "sağlam pansumanların uygulanmasıyla içindekileri tutabilmeye başladı." Beaumont şöyle diyordu: "Sekiz ila on ay boyunca deliği kapatmak için bütün gücümü tükettikten sonra... en ufak bir başarı elde etmeksizin... yapılan iş pratik olmadığı için vazgeçtim." 18 ay sonra, deliğin üst kenarında, küçük bir katman ya da mide duvarının ikiye katlanmasıyla yavaş yavaş bir örtü oluştuğu görüldü. Artık kompres ve bandaja gerek kalmamıştı. Bu "supap" parmakla kapatılabilirdi. St.



Yara erken bir döneminde. Beaumont'un Gastrik Sıvı ve Sindirim Fizyolojisi Üzerine Deneyler ve Gözlemler adlı yapıtından alınmıştır. Edinburg (1838), s. 17.



Doğal bir supap oluşturan katlanma. Gözlemler (1838), s. 19.

Martin'in midesindeki yaranın sindirim işlemini incelemek için ideal bir laboratuvar oluşturabileceği düşüncesi, işte tam bu sıralarda Baeumont'un aklına gelmiş olmalı. Fransız asıllı Kanadalı oldukça güçlü bir adamdı. Beaumont, hastasının, incelemeler sırasında oldukça sağlıklı, faal, atletik ve güçlü olduğunu söylüyor. Bu ikilinin eşine az rastlanır ortaklığı dokuz yıl sürdü. Geçen zaman süresince sadece kısa aralıklı ayrılıklar oldu. Sözgelimi, St. Martin Kanada'ya dönmüş, evlenmişti. Ayrıca zaman zaman bir işe girip çalışıyordu. Ama kontroller devam ediyordu. Beaumont 1883'te düştüğü bir notta şunları söylüyor: "Son dört ay içinde St. Martin, midesinin iç kısımlarında sürekli ve art arda yapılan bir dizi deneye rağmen olağanüstü biçimde kanlı ve canlı görünüyor."

Çalışma programı birbiriyle ilişkili iki deney dizisinden oluşuyordu. Birinci dizide çeşitli maddeler midenin canlı bir organizmada ("*canlıda*" [in vivo]), doğal koşullarda nasıl sindirildiklerini incelemeyi hedefliyordu. İkinci dizide mide sıvısı çekiliyor, yiyecek maddeleri üzerindeki etkisi beden dışında, yani bir cam tüpte ("*camlıda*" [in vitro]) inceleniyordu.

Beaumont'un St. Martin ile işbirliği süresince gerçekleştirdiği tüm çalışmalar büyük bir deney olarak ele alınabilir. Beaumont sindirimin gerçekleştiği koşulların sistematik değişimlerini incelemekle, sindirim işleminin temel işlevini belirleyen şeyi bulmak peşindeydi. Ancak bu arada sürecin genel olarak anlaşılmasına katkıda bulunan, küçük ölçekli bir dizi bağımsız "deneycik" de yapılıyordu.

"Hastayı sol tarafına yatırıp, supabı deliğin içine sokup, sakız esnekliğinde bir tüpü içeri gönderip, sonra çevirerek" sindirim mayalarını dışarı çıkarmak oldukça kolaydı. "Tüp sokulunca sıvı kısa bir süre sonra akmaya" başlıyordu. "Onikiparmakbağırsağının kimyasal yapısı *camlıda* incelenebilirdi. Çünkü "açık sarı safra sıvısı, mide kapısından... dokunsal

bölgeye elle bastırmak suretiyle elde edilebiliyordu." Ayrıca midede kimi yiyeceklerin sindirimi sırasında "kimüs sıvısı... elle midenin alt kısmına bastırarak... ve mideyi yukarı doğru iterek, kolayca çıkarılabilir."

Doğal olarak karında, yapay olarak küvet içindeki şişelerde farklı perhiz maddelerinin ortalama sindirim süresini gösterir.

Yapay sindirimde, gastrik sıvının gıda maddesine oranı genel olarak, ilkinden bir onsa ikincisinden bir dirhem, olarak hesaplandı. Küvetin sıcaklığı elden geldiğince doğal sıcaklığa yakın tutuldu.

Diyet	Ortalama hazım süresi			
	Karında		Şişelerde	
	Hazırlanması	s. d.	Hazırlanması	s. d.
Pirinç	haşlama	1 00		
Sago		145	haşlama	3 15
Tapyoka		2 00		3 20
Arpa		2 00		
Süt		2 00		4 15
	Çiğ	2 15		4 45
Jelatin	haşlama	2 30	haşlama	4 45
Domuz paça, tuzlama		1 00		
İşkembe,		1 00		
Beyinler, hayvan		1 45		4 30
Geyik, biftek	ıskara	1 35		
İlik, hayvan	haşlama	2 40		5 25
Hindi, (evcil) - -	kızarmış haşlama	2 30 2 25		
- (yaban)	kızarmış	2 18		
Kaz,		2 30		
Domuz, sütte		2 30		
Karaciğer, dana, taze	ıskara	2 00	kuşbaşı	6 30
Kuzu, taze		2 30		
Tavuk,	yahni	2 45		
Yumurta, taze	sert	3 30	sert	8 00
	rafadan	3 00	rafadan	6 30
	kızarmış	3 30		

	sahanda	2 15		
	çiğ	2 00	Çiğ	4 15
çırpma		1 30	çırpma	4 00
Krem karamel	fırında	2 45	fırında	6 30
Morina, tuzlama	haşlanmış	2 00	haşlanmış	5 00

"Tablo diyetin çeşitli yiyeceklerinin sindiriminin ortalama süresini doğal biçimde midede ve yapay olarak şişede gösteriyor." Beaumont'un Gözlemler'inin orijinal basımından alıntı, Plattsburg (1833), s. 269.

Değişik şartlarda, yılın farklı mevsimlerinde ve sabah saat 5 ila gece saat 24 arasında, günün değişik zamanlarında alınan örneklerle karın içinin sıcaklığını gösterir.

	Karnın sıcaklık durumu							
Tarih	**Hava ve Rüzgâr**		**Ph.**	**Boş**		**Kimyasal salgılama**		
1829				**İstirahat**	**Egzersiz**	**İstirahat**	**Egzersiz**	
Aralık 6	S	bulutlu ve nemli	63	980				
7	N W		27		98			
8	S W	açık ve kuru	13	99				
9	w	açık	10	99				
1830								
Ocak 21	N W	kuru ve soğuk	0.8	100				
25	S W		2	100		100		
Mart 17	s w	yağmurlu	38	99				
18 9	N W	açık	6 98	100			102	
1832								
Aralık 4	N W	karlı	35		101			
5		30	100			101 12		
6		38	100					
7		28	99		100			Karın hasta
8		bulutlu ve nemli	46	99		99		
13			100					
14			100					
15			100					
22			100		100			

23			100	101				Karın hasta
25	E	değişken	31	100		99 1 2	101	
26	N E	bulutlu ve nemli	38	99 1 2	101			
27	E	kirli ve nemli	38	99 1 2		100		
	S	açık	62	100				
28	N		31	100				
29	N W		34	100		100		
30			26	100				
31	S	bulutlu ve nemli	30	100 1 2				Karın hasta
1833								
Ocak 1	S	yağmurlu	50	100				
3		açık	38		101 1.2			
7	N E	bulutlu ve nemli	48	100				
11	S W	açık	15	100				
13		bulutlu ve kuru	12	100	101	100	100 1 2	Karın hasta
14	N W	açık	28	100			101 1 2	
15	N F	bulutlu ve kuru	35	100	101			
17	N W	açık ve kuru	19	100		100	102	Karın hasta
23	N E	yağmurlu	39	100 1 2			101 3.4	
24	N	bulutlu ve nemli	39	100 1 2	101 1.4			Uykudan sonra
	N E	yağmurlu		99 1 2				Kalkmadan sonra
25	S		36	99				
			38	100 1.2			102	
26	N W	kuru	36	100 1 2		100 3.4	101	99 1.2 Uyku. son.
27		bulutlu	32	99 12			101 1.4	99 1 3 Kalk. önce
28	S W	kuru	35	101			101 1.2	
	s w		46	101 1.2		101 1.2		
				101 1.2		101 1.2		
29	N E	açık	28	100 3.4	101 1.2		102	Kalkmadan önce

30	N E	bulutlu ve nemli	39	99 1.2	101 1.2	101 1.4	102	Kalkmadan önce
31	N E	yağmurlu	45	101 1.4	101 1.2	101 1.4		
Şubat 1	N W	açık	28	101			102	
Mart 28				100 1.2			101	
Haz. 9	W	bulutlu ve nemli		100				Kalkmadan önce
10	W	açık	63	100	101			
11	N	bulutlu	65	100	101			

"Tablo, mide içi sıcaklıkları değişik koşullarda göstermektedir. Bunlar yılın değişik mevsimleri ve günün farklı saatlerinde, sabah ile gece 12'ye kadar ölçülmüşlerdir." Beaumont, Gözlemler (1833), s. 273.

Temel çalışmalar sindirim oranına, sindirim sırasındaki sıcaklığa, sindirim işleminin farklı aşamalarındaki ideal kimyasal koşullara ilişkindi. Deneyler sırasında Beaumont mide astarının biraz ihmal ya da kötü beslenme sonucu yaralanıp anormalleştiğini fark etti. "Kötü beslenme ve besin seçiminde özensizlik, mide katmanlarının hastalık koşullarını hazırlayan en yaygın nedenler arasındadır. ... yine de hastalık belirtileri özel duyumlarla kendilerini ifade ederler." St. Martin'in kendisinin de kimi zaman özensiz olduğunu, burada yer alan tabloların ikincisinden anlayabiliriz. Beaumont midedeki sindirim işlemine ilişkin bilgilerini, gastrik sıvıyla ve uygun sıcaklıkta oluşturduğu yapay ortamda gözlemlediği sonuçları tablolarda topluyordu.

Vücut dışında gerçekleştirilen tipik bir sindirim deneyi aşağıdaki gibi sürer. "7 Şubat saat 8:30 (sabah); 20 adet haşlanmış morina balığını üç dirhem (bir dirhem 3,48 gr.) gastrik sıvıya koyup bunları banyoya yerleştiriyorum.

"Öğleden sonra saat 13:30'da, gastrikteki balıklar neredeyse bütünüyle çözülmüşlerdi. Sadece dört tanesi kalmıştı. Sıvı beyaz opak, neredeyse süt rengindeydi. Saat 14:00, kaptaki balıklar tamamen çözülmüşlerdi."

Benzer bir deney *canlıda* yapılıyor. Yine, yüzlerce tipik deney gibi bu da şöyle bir süreç izliyor: "Saat 9:00'da kahvaltıda ekmek, sosis yedi, kahve içti. Sonra alıştırma yaptı. 11:30'da midesinin üçte ikisi boştu; hava koşulları aynıydı: Sıcaklık 29° [F], mide sıcaklığı 101,5° [F] ve 100,75° [F]. Büzülme, genişleme ve piston hareketlerin görünümleri bu deneyde açıkça gözlemlendi: Saat 12:20, mide boş."

Beaumont'un yaptığı deneylerin sonuçları çok sayıda yemeğin sindirimine, sindirim sürelerine ve koşullarına ilişkin açıklayıcı veriler içeriyor. Eski çağlardan beri sürdürülen kimi tartışmalar, bu deneyler sayesinde aşılmıştı. Artık sorun oldukça basit bir soruda özetlenebiliyordu: "Gastrik sıvı kimyasal bir çözelti midir?" Alternatif kuram canlı organizmada sindirim işlemi için gereken bazı canlı güçlerin varlığını ileri sürüyordu. Sindirim işlemi bozulma ve çürüme terimleriyle açıklanamazdı. St. Martin'in midesindeki deliği kullanarak Beaumont, sindirim işleminin, canlı organizmanın içinde ya da dışında, uygun sıcaklıkta, gastrik sıvıyla yapılabileceğini gösterdi; bir kavanozda saklanan gastrik sıvının, birkaç yıl sonra bile eski yiyecek sindirme kapasitesini koruduğunu gösterdi. Sıvı yalnızca yemekleri yumuşatan yardımcı bir madde değildi, van Helmont'un da öngördüğü gibi kendine özgü sindirim güçlerine sahip.

Yıllar süren hasta incelemelerinin sonucunu Beaumont şöyle özetler: "Kanımca, deneylerimin tüm sonuçlarına dayanarak, gastrik sıvının, kesinlikle, kimi yazarların iddia ettiği gibi, 'su kadar nötr' olmadığını, besinsel madde doğasının en genel çözeltisi olduğunu söyleyebilirim. Öyle ki ona en sert kemik bile dayanamaz. Sabit sıcaklığın sağlanması koşuluyla (100° F), hafif bir çalkantı verildiğinde, mide dışında bile mükemmel sindirim etkilerine sahiptir. ... elde ettiğim kanıtlara

dayanarak, gastrik sıvının besinlere etkisinin tamamen kimyasal olduğunu söylüyorum."

Beaumont'un deneyleri oldukça güçlü bir tasarımı örnekliyor. Ortada topu topu bir mide vardı. Ama bilim topluluğu Beaumont'un yönteminin tüm insanların midesine uygulanmasından ötürü en ufak bir kuşku duymadı. Neden? Çünkü hiç kimse bir midenin başka bir mideye benzeyip benzemediğini sormadı. Beaumont şansını tüm bilim adına kullanmıştı!

Sindirim fizyolojisi üzerine sonraki çalışmalar

Beaumont'un araştırmalarında bir tür mükemmellik söz konusuydu. O, insan fizyolojisini araştırmada yeni bir bölümü hem açtı hem de kapadı. Ayrıntılı kimyasal tepkimelerin araştırılması onun zamanında gereğince yapılamazdı. Ancak Beaumont'un araştırmalarında sindirim işleminin anlaşılmasına ilişkin öne çıkan bir sorun, 19. yüzyıl tekniğinin alanına girmesine karşın, hiç dokunulmadan kaldı: Sindirim mayaları nasıl üretiliyordu? Acaba besin maddelerinin midede bulunması, bu mekanizmayı harekete geçirmek için yeterli midir? 1889'da Pavlov, midenin bir uyarıcı etkisiyle maya salgılamasının sinir sistemi dolaşımıyla gerçekleştiğini açıkça gösterdi.

Pavlov deneyini yine bir köpek üzerinde yapmıştı. Köpeğin midesinin bir katmanını astarından ayırıp, mideden dışarıya bir boru sarkıttı. Sonra 'aesophagus'u kapatıp dışarıya açtı. Böylece yemekler daha mideye ulaşmadan dışarı alınıyordu. Köpek daha yemeye başlar başlamaz, salgılar başlıyor ve yemek boyunca sürüyordu. Mideye daha yemek girmeden salgılar başladığına göre, uyarılmayı sağlayan sinir sistemi olmalıydı.

Ancak, zamanla bu mekanizmanın sindirim sisteminin bazı kesimleri ve mide dışındaki birleşik organlar için geçerli

olmadığı ortaya çıktı. Hormonların rolü açık biçimde ilk kez 1902 yılında W. M. Bayliss ve E. H. Starling tarafından ortaya kondu. Onlar da kendilerine bir deney hayvanı seçmişlerdi. Bağırsağın bir parçasını (körbağırsak) sistemin diğer kısımlarından ayırarak, tek başına uyarabildiler. Atardamar ve toplardamar bağlantılarına dokunmaksızın, tüm öteki sinir bağlantılarını kestiler. Hâlâ tamamıyla sindirim sistemiyle bağlantılı olan onikiparmakbağırsağına, biraz seyreltik hidroklorik asit döker dökmez, pankreatik salgılamanın başladığını gördüler. Aynı işlem incebağırsağın kesik yerine uygulandığında, yine aynı etki ortaya çıktı. Ancak, ayrılan bu bölüm ile geri kalan kısım arasında, kan damarları ve bu damarlarda dolaşan kan dışında, fiziksel bir bağlantı yoktu. Seyreltik asitle uyarıldığında, körbağırsağın duvarıyla ayrılan, kan dolaşımıyla taşınarak pankreası harekete geçirebilecek kimyasal bir unsur devreye girmeliydi. Bu maddeye "secretin" adını koydular. Körbağırsağın çeperinden alınan örnekleri kana enjekte ederek yine pankreatik salgı üretebildiler. Oysa bu, sadece seyreltik asit enjekte edilerek başarılamamıştı.

Ek okumalar

Van Helmont, J. B., *Oriatrike or Physick Refined*, çev. J. Chandler, Londra, 1662.

Beaumont, W., *Experiments and Observations on the Gastric Juice and the Physiology of Digestion*, Plattsburg, Va., 1833; Edinburgh, 1838.

Myer, J. S., *Life and Letters of Dr. William Beaumont*, St. Louis, 1912; 2. baskı, 1939.

Rosen, G., *The Reception of William Beaumont's Discovery in Europe*, New York, 1942.

B

Rakip Varsayımlar Arasında Seçim

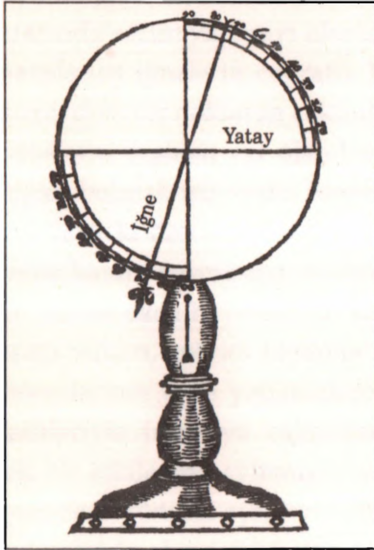
Tasarlanan bir deneyi etkin kılacak en basit mantıksal yapı, görece yerleşik ve sapasağlam olduğu düşünülen bir kurama karşı sınanabilir bir tahmin barındıran, tek hipotezli bir yapıdır. Ancak böyle basit bir biçimi anlatmayı kolaylaştıracak bir deney bulmak, belki de olanaksızdır. Gerçek bilimde varsayımlar genelde çiftler biçiminde denenirler; biri diğerinin rakibi olarak düşünülür. Bu bölümde söz konusu edilen üç deney, sonuçlarının denenmesi sayesinde, rakip hipotezler arasında seçim yapmayı olanaklı kıldı. Robert Norman, mıknatıslanan iğnelerin coğrafik kuzeye yönelme eğilimlerinin, kuzeydeki bir noktanın çekimi sonucu mu, yoksa bütün mıknatısların peşinen var olan bir tür yapısal özelliğe mi yöneldiğini bulmak istiyordu. Stephen Hales'in birçok deneyinde, bitkilerdeki özsuyun hareketine ilişkin rakip hipotezler arasında karara varmasına yardım edecek öncü bir deneme vardı. Acaba özsu hayvanların kanı gibi mi dolaşıyordu, yoksa aşağı yukarı, gelgitli biçimde mi? Konrad Lorenz, bir türün yavrularının ilgili yetişkinlerce "etkilenme"leri sürecini ayrıntılarıyla bulmaya çalışırken, tüm davranış biçimlerinin tek bir etkilenme eylemiyle mi gerçekleştiğini, yoksa belirli hedeflere yönelik ayrı ayrı etkilenimlerle mi elde edildiğini bulmak için elverişli bir deney gereksiniyordu.

Ancak, her ne kadar rakip hipotez yanlış diye elenmişse de, sonucun doğruluğu, hipotezin doğru olduğunu göstermez. Bu biçimdeki başarılı deneyler, yine de gözden geçirilme olasılığına açıktırlar. Bu nokta Norman'ın çalışmasında ve kendisince ortaya atıldığını düşündüğü hipotezin tarihsel gelişiminde gösterilmiştir.

3. ROBERT NORMAN

Manyetik Sapmanın Keşfi ve Alan Kavramı

Robert Norman'ın yaklaşık 1550'li yıllarda doğduğu tahmin ediliyor. Yaşamının erken dönemi ve ailesi konusunda hiçbir şey bilinmiyor. Yaklaşık 18 ila 20 yılını denizlerde geçirdi. O dönemde bir süre Sevilla'da yaşamış olduğu sanılıyor. Onu öncelikle William Burroughs'a araç sağlamak için yaptığı çalışmalardan tanıyoruz. Becerikli bir denizci olduğundan, kendi zamanının denizcilik tekniklerinin ve eldeki donanımların yetersiz olduğunu çok iyi biliyordu. Manyetik pusula en önemli denizcilik aygıtı durumuna gelmişti. Norman'ın buluşları, manyetik pusulanın kullanımını açık denizlere yaymak üzerinde yoğunlaşıyordu.



Manyetik sapma. Diyagram Norman'ın *The Newe Attractive* adlı kitabından (1581), s. 10.

Manyetik kuzeyin doğru çekim yönünden sapması iyi bilinir. Boylam belirlemesinde kullanılabilecek sistematik ve düzenli bir sapmanın var olduğu düşünülüyordu. Ama yıllarca denizcilerden sorup, "Muscovy" yollarına düşmüş tacirlerden soruşturarak edindiği bilgilerle, orantılı değişim kuramının yanlış olduğunu anlamıştı. Bundan sonra "manyetik sapma"yı keşfetti. Mıknatıslanmış iğne sadece kuzeye sapma eğilimi göstermiyor, ayrıca yatay eksende düzenli biçimde salınım yapıyordu. Bu olguyu "manyetik sapma" diye adlandırdı. Norman, sapmanın, ölçümün yapıldığı enlem ile orantılı olduğu savını ve bu olasılığı ortadan kaldıracak bir aygıtın tasarlanabileceğini kuşkuyla karşıladı. Bunun sonunda manyetik sapmayı ölçen aygıtı (dip-circle) icat etti. Bu yatay eksende monte edilmiş bir iğneydi. İğne, taksimatlandırılmış dikey bir çember üzerinde hareket ediyordu. Mıknatıslarla ilgili keşiflerini Londra'da 1581'de Ballard tarafından yayımlanan *The Newe Attractive*'de anlattı.

Norman, kitabının girişine mıknatısa düzdüğü methiyeyi koyar. Şiir yararlı mıknatıs taşının, yalnız süs eşyası olarak kullanılan değerli taşlara meydan okumasıdır.

Mıknatıs derler adıma
        Yaldızlı gemilerimiz kalkar şaha
Çıkın bensiz Hint Okyanusu'na
        Dalgalar okusun canınıza

Ve ruhları uyandırmak için başka birkaç dize...

1590'da *The Safeguarde of the Saylers* adlı yapıtı yayımlandı: Kıta Avrupası'ndan öte denizlere seyahat edenler için Felemenkçe yazılmış bir elkitabının çevirisi... Kitap, karanın denizden bakılarak resmedildiği bir gravür içeren ilk İngilizce yapıttı. Bu da şiirler içeriyordu. "Cefakâr denizciye tavsiye"den;

Kaptanın çilesi yelken açmaksa göğe,
Açılsın deryaya, çeksin dilediğince,
Her kim olmak isterse kaptan-ı derya,
Kılavuz arasın kendine, azgın dalgalardan başka.

Norman Londra'ya yakın Radcliffe'de bir evde yaşıyor ve orada denizcilik aygıtları satıyordu. Kişisel durumu konusunda çok az bilgi var. Ölüm tarihinin 1600 olduğu sanılıyor. Bu, Gilbert'in *De Magnete*'yi yayımladığı tarihtir. Ama o tarihte bile Norman'ın buluşları, bıraktığı yerden çok ötelere taşınmıştı.

Bunaltan anomali: manyetik sapmanın keşfi

Burada anlatılan deney, manyetik alan olgusunu aydınlatmak için atılan ilk adımdır. Ancak bizim anlatacağımız birçok çalışmada olduğu gibi, merkezi ve en aydınlatıcı deney, bir dizi buluşun yapılmasını sağlayan bir olgular çoklusunun ortaya çıkarılmasına yarayan deneydir. İşte böylesi bir durumda, araştırma programı oldukça kuraldışı bir olgudan kaynaklanıyordu.

Norman manyetik eğilmeyi keşfettiği koşullar hakkında oldukça canlı açıklamalarda bulunur. Büyük bir dikkatle yaptığı pusulalarda bile, manyetik iğne düzgün bir pim üzerine ne denli dengeli oturtulursa oturtulsun, sadece kuzeye dönmekle kalmıyor, aynı zamanda kuzeyi gösteren uç hafifçe aşağı sapıyordu; başka bir deyişle iğne dibe dalıyordu. Bu etki yapım sırasında dengelenmeliydi. "Düşüşü bir karşı ağırlık oluşturarak engellemek ve iğneyi dengede tutmak için, güney kısmı ufak bir tel parçası koymak zorunda" kalmıştı. Ancak Norman, önlenemeyen bir etkinin bağımsız araştırmasını değil, çevresel bir etkinin araştırılmasını da düşünüyordu. Bir gün, çok duyarlı bir iğne ve pim yaptıktan sonra düşüşün çok güçlü olduğunu fark etti. Sonra iğneyi dengede tutmak için kuzeyi gösteren kısmı kısalttı. "Gitgide o kadar çok kısalttım

ki, sonunda iğne elden çıktı. İşte tam bu noktada aşırı bir öfkeye kapılıp, kendimi bu etkiyi daha iyi anlamaya adadım."

İlk adım, etkinin sistematik biçimde saptanması için, manyetik sapmayı ölçecek dikey bir çember yapmaktı. İğnenin pimi bu kez yatay olacak, dolayısıyla iğne dikey durumdaki bir çemberin merkezine yerleştirilecekti.

Ama bu, mıknatıslanma nedeniyle mi, yoksa manyetik taşın neden olduğu bir yan etki nedeniyle mi oluyordu? En büyük olasılık kuzey ucun bazı "hantal ve ağır maddeler" almış olabileceğiydi. Norman bu düşünceyi denemek üzere basit bir deney tasarladı. Terazinin bir kefesine demir, öteki kefesine de eş ağırlıkta, mıknatıslanmayan bir metal, bir parça kurşun yerleştirdi. Sonra demiri manyetize etti. Sonuç aşikârdı. "Göreceksiniz, ağırlıkları, manyetize etmeden önceki ağırlıklarından daha fazla olmayacak. Ayrıca, eğer kuzey uç, manyetik taşta bulunan birtakım ağır şeyleri içerseydi, güney uç da manyetik taşın öteki tarafında bulunan ağırlıktan bir miktar içerirdi. O zaman da herhangi bir manyetik sapma etkisi ile karşılaşılmazdı." İki soru yanıtlanmalıydı: Bir, "bu düşme veya yükselme hangi nedenlerden ötürü oluşuyordu; iki, "iki noktadan [kuzey kutup ve güney kutup] hangisinde etki ya da neden oluşuyordu?"

Norman'dan öncekiler, manyetik iğnenin kutuplara doğru salınım eğilimini, "kuzeyi-arayan" kutbu çeken bir "noktasal çekimde"n bağlıyorlardı. Fakat "ortada çekici bir gücün olmadığını gösterebilirsek, o zaman noktasal çekim yoktur," diyebiliriz. Ancak iğne bir noktaya doğru dönmektedir. Öyleyse bu, "noktasal çekim" şeklinde adlandırılabilir. Bunun basit bir adlandırma sorunu olduğu söylenebilir. Ama isim seçimi, kuramın ağırlığını da beraberinde taşır. Eğer nokta, bir çekim kaynağını imliyorsa, o zaman manyetik iğnenin kutbu ile o kaynak arasında iğneyi çeken bir kuvvetin olması beklenir. Ama nokta, ortamın bazı yapısal özelliklerini imliyorsa, böylesi çekici bir kuvvetin var olduğunu düşünmek yersizdir.

Alan kavramının kanıtlanması



"Şarap kadehi" deneyi su içinde askıda kalan mıknatıslanmış iğneyi gösteriyor. Diyagram, *The Newe Attractive*'den alınmıştır (1581), s. 10

Norman'ın soruya cevap bulmak üzere yaptığı deney çok, ama çok zariftir. (Göreceğimiz gibi soru, bizim bugünkü bakış açımıza uygun olarak yanıtlanmış değil). "Şimdi noktasal çekimin olmadığını kanıtlamak için ... iki inç (1 inç = 2,54 cm) ya da daha uzun demir veya çelik bir tel alın, bir parça mantara saplayın; mantarın büyüklüğü teli su yüzünde tutabilecek ölçüde olmalı; öyle ki teli sapladığınız mantar, suyun ortasında yüzebilsin.

"Daha sonra derin bir bardak, sürahi, fincan veya herhangi bir şey alıp suyla iyice doldurun ve suyun rüzgârdan uzak, durgun kalabileceği bir yere yerleştirin. Bunu yaptıktan sonra mantarı dikkatle azar azar kesin; öyle ki, tel ve mantar birbirine tam uysun ve tel iki ya da üç inç kadar su yüzeyinin altında kalsın. Telin her iki ucu su yüzeyi ile aynı düzeyde uzanmaktadır; alçalmaksızın ya da yükselmeksizin, dengede, bir terazi gibi...

"Sonra aynı teli, mantarı kıpırdatmaksızın, dışarı çıkarın; mıknatıs taşıyla tele dokunun, bir ucuna taşın güney kutbunu, diğer ucuna da kuzey kutbunu sürtün, tekrar suya bırakın. Evvelce söylenen düşüş eğilimini göstererek, suyun dibine batmaksızın, telin kendi merkezi etrafında döndüğü görülecektir; sanki aşağıdan çekiliyormuş gibi, suyun alt kısmı, bu noktaya yüzeyinden daha yakındır."

Ne yerde ne de göklerdeki bir kuzey noktasından iğnenin bütününe yönelik bir çekimin söz konusu olmadığı görülmektedir. Kuzeyi imleyen bütün gücü "taşın içine ve taşın üzerinde toplaması yüzünden iğneye" atfetmeliyiz diye düşünüyordu Norman. Daha sonra öğrendiğimize göre ne Norman'ın ne de Gilbert'in üzerinde düşündüğü bir başka hipotez daha vardı: Kaynağın uzaklığına bağlı çekici ve itici güçlerin var olduğunu savunan hipotez. Öyleyse iğne dünyanın kuzey kutbuna doğru döner. Çünkü hem mıknatıs kutuplarının hem de dünyanın iki kutbunun çekme ve itme kuvvetleri arasında bir denge vardır. Yaklaşık 250 yıl sonra Faraday ile Ampere arasındaki tartışmanın odak noktasını oluşturacak bu karmaşık kuvvet kuramı, neyse ki Rönesans'ın mıknatıs meraklısı bu iki araştırmacısının epey uzağında kaldı. Norman ve ondan sonra Gilbert, kuvvet alanı düşüncesini oluşturarak yersel manyetizma sorunuyla ilgilendiler. Bu düşünce modern elektrik, manyetizm ve yerçekimi fiziğinin temelini oluşturdu.

Norman şöyle diyor: "Eğer bu kuvvet [manyetik güç] insan gözünün görebileceği hale getirilebilseydi, eminim, taşın etrafında geniş halkalar şeklinde görülürdü, taşın cansız bedeni bu halkaların ortasında olurdu, yani taşın merkezi, mevzuubahis kuvvetin merkezi olurdu."

Bu önsezisi kuvvetli, ancak oldukça eksik bir düşüncedir. Norman manyetik alanı sadece manyetik taşa atfediyor. Dünya hakkında herhangi bir şey söylemiyor. Gilbert 1600 yılında *De Magnete* adlı yapıtında son adımı atar.

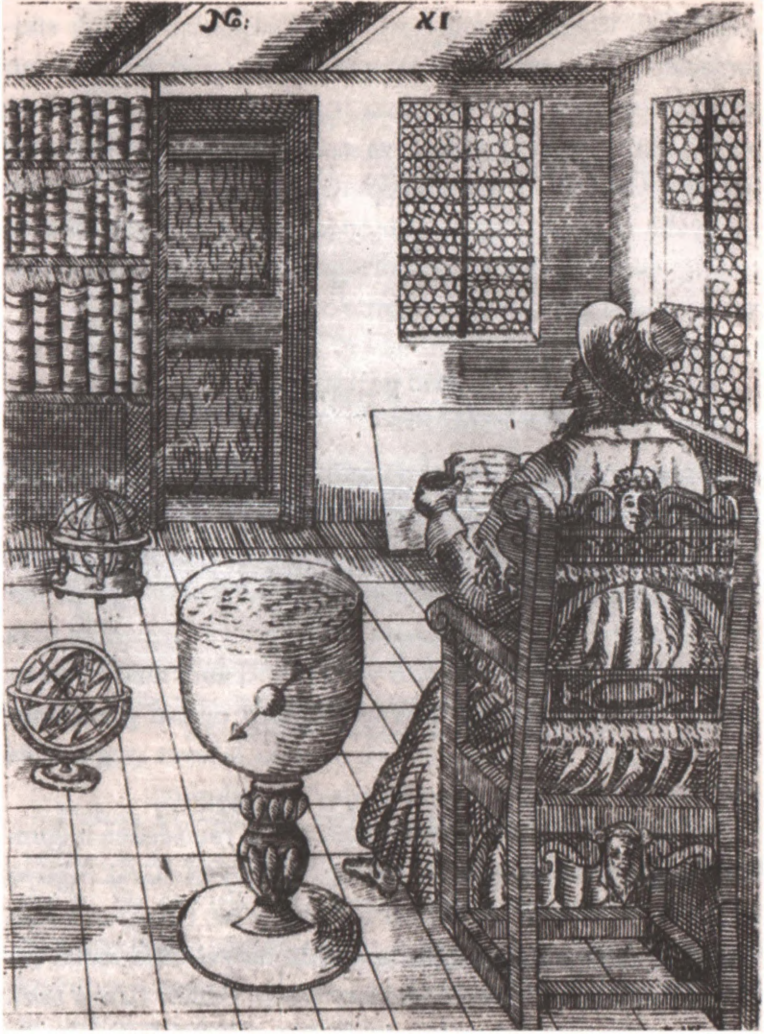
Norman deneyini, ne manyetik sapmanın ne de iğnenin kuzeyi arama eğiliminin (onun düşündüğü gibi) çekim ile açıklanabileceğini göstermek için yineledi. Ancak böylesi bir alanı yalnızca iğneye ve manyetik taşa atfetmek, yeterli değildir. Dünyanın kendisi de bir mıknatıstır, dolayısıyla onun da

bir manyetik alanı olmak zorundadır (daha doğrusu eninde sonunda bir manyetik alan olmalıdır). Gilbert buna *orbis virtutis*, güç çemberi diyordu. Norman'ın deneyinden hareketle Gilbert daha ileri bir adım atıyordu: "Yön, çekim yoluyla değil dünyada var olan düzenleyici ve dönüştürücü bir güç tarafından üretiliyor." İğnenin belirli bir yöne doğru konumlanmasından, *orbis virtutis* sorumludur.

Küresel manyetik taştan yapılan bir yer modeli üzerinde Gilbert, minyatür biçimde manyetik sapmanın enleme göre nasıl değiştiğini gösterebiliyordu. Denizcilik açısından bu, Norman'ın düşüncesinden daha umut verici bir atılım sayılırdı. Çünkü Norman dünyanın manyetik alanı düşüncesini formüle etmemişti.



Gilbert'in *Orbis virtutis*'i veya güç küresi. Diyagram *De Magnete*'nin 2. basımından Stettin (1628), s. 78.



Gilbert iş başında. *De Magnete* (1628), levha xi.

Burada Gilbert'in kendi sözcükleriyle doğru alan kavramının doğum anı görülebilir: manyetik küreler, öyle özelliklere sahiptirler ki, kuvvetleri öne akıp yüzeylerinin ötesinde küresel biçimde yayılırlar; biçim cismani varlığın sınırları üzerine yükselmiştir. ... manyetik cisimler her değişik

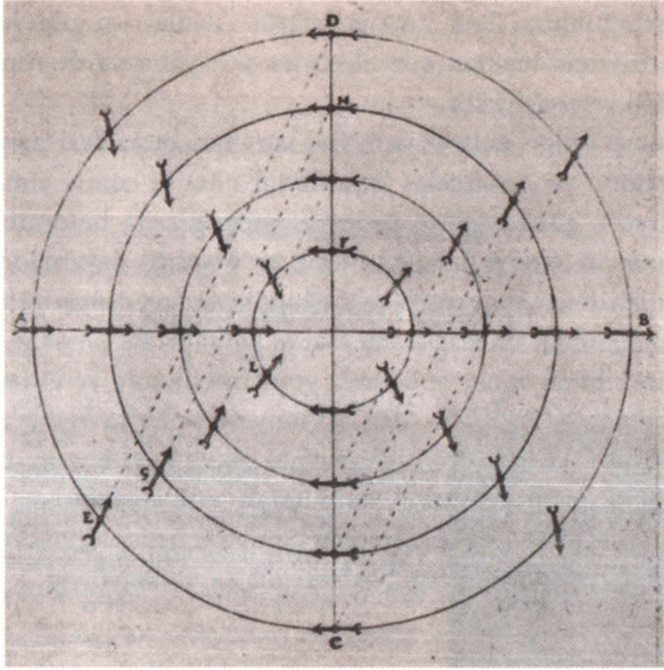
uzaklıktan örnek kürenin aynı nokta ya da bölümünü etkilemezler... ama ortak eksenlerinden eşit uzaklıktaki yayların etki küresindeki noktalara yönelirler... manyetik biçimlerin ve kürelerin havada, suda veya manyetik olmayan herhangi bir ortamda var olduğunu söylemiyoruz.... çeşitli kürelerde manyetik cisimler, diğer cisimleri manyetik olarak etkiler ve onların etki küreleri, adeta katı cisimlermiş gibi, mıknatıs taşının kendisi gibi, hareket ettirme özelliğine sahiptir."

Sonraki gelişmeler: manyetik alanın yeniden bulunması

Ancak atılacak iki adım daha vardı. Yaklaşık 150 yıl boyunca manyetik ve elektrik üzerine araştırmalar geri plana itildi. Norman'ın rüyası nasıl gerçekleştirilecekti, etki ve güç küreleri nasıl görünür hale getirilecekti? Bugün okula giden her çocuk, kâğıt üstünde mıknatısla toplu iğne ya da madeni para gezdirmeyi bilir. *Orbis virtutis* ve onun "cisimli maddenin sınırları üstüne yükselen" kuvvet çizgileri derhal görülebilir duruma gelir. Bu düşünceyi ve sonraki kuvvet çizgileri ile ilgili deneysel araştırmaları Faraday'a borçluyuz.

Norman da, Gilbert de manyetik alanın maddeden bağımsız olduğunu düşünüyordu. Faraday, deneysel olarak olguyu tanıtlamayı başardı. O, dönen mıknatıslı bir çubuğun kendi üzerinde akım indüklediğini gösterdi. Bu yalnızca metal çubuk dönerken, kuvvet çizgilerince temsil edilen alanın sabit kalmasından kaynaklanıyor olabilirdi.

Akım bir kuvvet çizgisine göre devinen bir iletkenin, bizim deyişimizle bu kuvvet çizgisini "kesmesi"yle oluşur. Öyleyse, metal parçalar, manyetik alanı kendi çevresinde kendisiyle birlikte taşısaydı, metal çubuk ve manyetik alan birbirine göre sabit kalacaklardı. Bu durumda, hiçbir şekilde akım üretilemezdi.



Gilbert manyetik alanın yapısının böyle bir şey olduğunu düşünüyordu. *De Magnete* (1628), levha xii.

Dahası Faraday bir elektromanyetik bobine fasılalı akım vermekle de elektrik üretilebileceğini tanıtladı. Öyle görünüyor ki, bir elektrik teliyle oluşturulan manyetik alanın dışarıya yayılması zaman alıyor; tıpkı devre açılınca, yani akım kesilince manyetik alanın zayıflaması gibi. Faraday bu etkiyi elektromanyetik metallere yakın tellerde oluşan akımı araştırmakla tanıtlamıştır. Akım olmadığı zamanlarda ya da anahtarın bir süre için açık olduğu durumlarda telde hiçbir akım oluşmuyordu. Ama elektromanyetik devre kapalı olduğunda ve akım kesildiğinde başka bir akım elde ediliyordu. Bu ve başka etkiler, alanların gerçekliği ve dünyayı oluşturan maddenin bir parçası oldukları konusunda Faraday'ı ve ben-

ce birçoğumuzu ikna etmeye yeterdi. Alanları su gibi, hava gibi duyumsamaktan bizi alıkoyan şey, yalnızca duyumlarımızın yetersizliğidir.

Şarap kadehi deneyi, deneyler kuramını biraz ileri taşıyor. Theodoric ve Aristoteles kendilerini olumlu sonuç almaya götürecek gözlemsel ve deneysel çalışmalarda bulundular. Norman'ın deneyi daha karmaşık bir mantığa dayanıyordu. Norman deney sonucunu, çekim hipotezinin yadsınışı ve alan kavramının bir illüstrasyonu olarak kavradı. Bu örnekte, deneysel bilimin ikinci ve üçüncü yönlerini olumlu ve tümevarımsal yönlere ekledik. Alan kavramının açığa kavuşturması beklenen etki, başka terimlerle, yani çekim kavramının daha karmaşık bir yorumunun terimleriyle açıklanabilmişti. Demek ki, iş gören her açıklamanın olguların nedenlerini doğru biçimde değerlendireceği beklentisine kapılmamalıyız.

Ek Okumalar

Norman, R., *The Newe Attractive*, Londra, 1581
Gilbert, W., *De Magnete*, Londra, 1600
Roller, D. H. D., *The De Magnete of William Gilbert*, Amsterdam, 1959.
Waters, D. W., *The Art of Navigation in England in Elizabethan and Early Stuart Times*, Londra, 1958.

4. STEPHEN HALES

Bitkilerde Özsu Dolaşımı



Stephen Hales 82 yaşındayken. T. Hudson'un tablosuna dayanarak T. M. Ardell'in yaptığı gravür. Oxford Üniversitesi Bilim Tarihi Müzesi.

Stephen Hales 1677'de, Kent eyaletinde, Bekesbourne'de zengin bir ailenin çocuğu olarak dünyaya geldi. 1696'da Cambridge'deki Bene't Koleji'ne girdi. Cambridge'in o dönemdeki eğitim olanakları benzersizdir. Akışkanların, gazların, sıvıların fiziğine duyduğu büyük ilgiyle, arkadaşı William Stukeley ile birlikte doğa tarihi ve biyoloji alanlarında kapsamlı çalışmalar derlemiş gözükmektedir. Bu sayede hakkında sahip olduğumuz en erken bilgilerde, bilimsel ve mühendislik çalışmasının ana teması belirgindir: Canlılıkla ilgili gaz ve sıvı dinamiklerin yaşamsal işlemlerdeki rolü.

Hales Cambridge'deki akademisyenliğini 1709 yılına kadar sürdürdü. Bu tarihte Teddington Piskopos Vekili oldu ve yaşamının sonuna kadar bu mevkide kaldı. İnsan ve hayvandaki kan dolaşımının keşfi Harvey'e atfedilmiştir. Aslında bu, keşiften çok hipotezin zorunluluğunun kuramsal sergilenişinden başka bir şey değildi. Çünkü kuram, vücuttaki kan

miktarına ilişkin verili olgulara dayanıyordu. Atlar, köpekler ve kurbağalar üzerinde yaptığı korkunç ve ihtişamlı uzun bir deney dizisi sonrasında Hales, kan damarları sisteminin birçok özelliğini ortaya koydu. Hales kan yollarının haritasını çıkarmış, kan basıncının hidrodinamik koşullarını ve her bölümün akış özelliklerini bulgulamıştı. Çalışması verimli oluyordu. Hales, Harvey'in esinleyici hipotezinden kalan önemli problemlerden birçoğunu çözmüştü. (Yüklü bir kan basıncı, kan akışı, kan hızı kavramı; bunlar arasındaki ilişkiler, bunların hepsine ilişkin niteliksel çözümlemeler, hesaplar. Bunlar Stephen Hales'in kalp hakkındaki bilgilere büyük katkılarıydı; bir katkı ki, geleceğin tüm çalışmalarına yön verdi.) Fakat bu araştırmalar kamuoyunun dikkatini de çekiyordu. Thomas Twining, topografik şiiri Gemi'ye şu dizeleri ekler:

> Yeşil Teddington'un sessiz münzevisi
> Filozofluk denince çıkarır sesini
> Çoban Stephen Hales çıkınca çayıra
> Dalar gider ayrıktaki çiğ damlasına
> Sürüde ne it bıraktı ne de kısrak
> Soydu kurbağanın derisini vırak vırak
> Aşıktı tabiata, kanıtladı hizmetiyle
> Kâh araştırmasıyla, kâh eziyetiyle

İşte bu dönemde hayvanlara düşüncesizce eziyet edenlere karşı muhalefet başlamıştı. İlginçtir, Hales'in komşusu Alexander Pope bu hareketin başını çekenler arasındaydı. Daha da ilginçtir, iki düşman ilerde canciğer ahbap olacaktır.

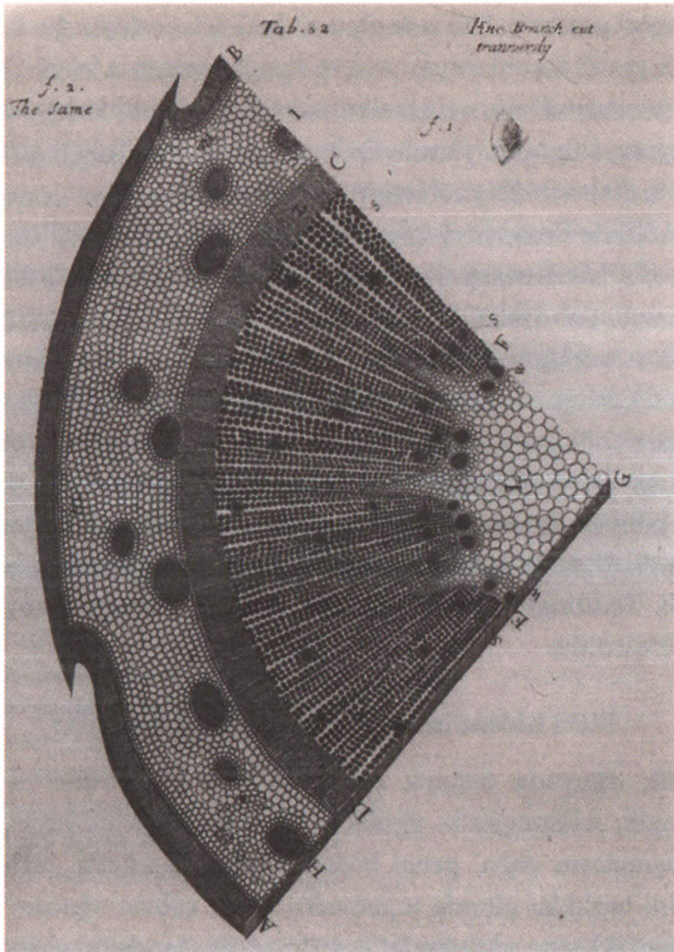
Hales, 1724'te bitki fizyolojisinin ana hatlarını saptayacak çalışmalarına başladı. Yalnızca özsuyun nasıl dolaştığını araştırmakla kalmayacaktı, daha da ileri gidip bitki ile ortam arasındaki etkileşimi de inceleyecekti. Hales köklerin emdiği suyun, yapraklara nasıl taşındığını ve orada nasıl ter-

lediğini gösterdi. Büyüme olgusu da ilgisini çekiyordu. Bitkilerin çeşitli kısımlarının nasıl ve hangi oranlarda büyüdüğünü gösterdi. Hales çalışmalarına başlamadan birkaç yıl önce Mayow, solunum, yanma ile hava arasındaki ilişkiyi göstermişti. Hales de bu problemin izini sürdü.

1722'de Royal Society'ye öğretim üyesi olarak seçilen Hales, 1727'de Konsey üyesi oldu. Kamu nezdinde büyük itibar sağlayan Hales, Georgia Kolonisi temsilciliğine getirildi. Halkın sağlığını korumakla sorumlu danışma kurullarının, şifa dağıttığını iddia eden şarlatanları denetleyen komisyonların daimi üyesi oldu. Havaya olan ilgisi havalandırmaya dek genişledi. Gemilerin, hapishanelerin, hastanelerin daracık bölmelerinin havalandırılmasına çözümler getirmeye çalıştı. Kullanıma konulan çeşitli havalandırma araçları geliştirdi. Teddington Papa Vekilliği görevini sürdürmekteyken 1761'de öldü.

Bitki hidrodinamiği üzerine ilk çalışmalar

Antik dünyada botanik çalışmalarında başvurulan temel kaynak, Aristoteles'in öğrencisi Theophrastos'un yapıtıydı. Çalışmaların çoğu, genel biçimlerinden hareketle, bitkileri çeşitli başlıklar altında toplamaktı; otlar, çalılar, ağaçlar, tıbbi niteliklerine göre betimleniyor ve sınıflandırılıyordu. Bu dönemden ortaçağa miras kalan sayısız kopya, aslından epey uzaklaşmışsa da, pratik amaçlarla yazılmıştı. Theophrastos, bitki ile yetiştiği ortam arasındaki ilişkileri incelemişti. Bu bilgiler bitkiye göre sınıflandırılmıştı. Fakat çalışmasının bu yönü zamanla kayboldu; yerine yaraya merhem, derde deva olacak ot neyse, ona bakılacak bir rehber haline getirildi. Bildiğimiz kadarıyla antik dünyada bitki anatomisi ve fizyolojisi ile ilgili çalışma yoktu.



Bir çam dalının anatomik yapısı. N. Grew'in *Bitkilerin Anatomisi* (*The Anatomy of Plants*, Londra, 2. basım, 1682) adlı yapıtından. Tablo 32.

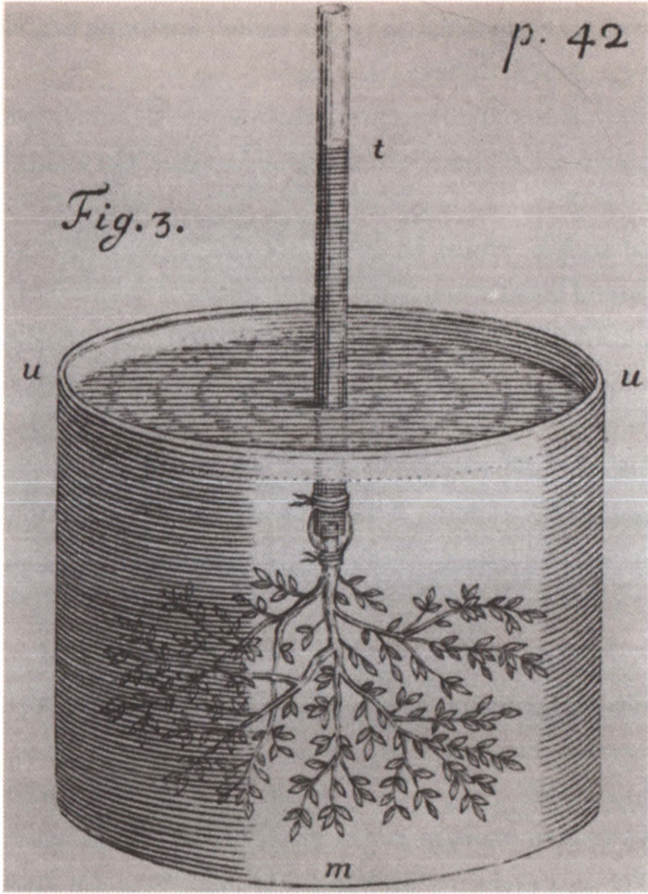
On yedinci yüzyıl ortalarında mikroskobun gelişmesi sayesinde, çağcıl denebilecek ilk adım atıldı. Boyle'un asistanı Robert Hooke, mikroskopla bitkiler üzerinde sistemli çalışmalara girişti. Hooke, hücreyi temel biyolojik birim olarak niteleyen ilk kişidir; Nehemiah Grew'ün bitki anatomisi üze-

rine ayrıntılı çalışmalarını ve çok kaliteli anatomik çizimlerini daha da ileri bir düzeye çıkarmıştı.

Bitkinin kökten itibaren, gövde boyunca dallara, yapraklara uzanan, çatallanan boru sistemleri içerdiğinin anlaşılması, mikroskop sayesinde gerçekleşen büyük bir keşifti. Boruların kimisi sıvıyla, kimisi havayla doluymuş gibi görünüyordu. Bu sistemi dikkate alan Grew, hayvanların dolaşım sistemiyle bitkilerinki arasında paralellik kurmanın mümkün olabileceğini düşündü. Bitkilerde de, tıpkı hayvanlardaki gibi kapalı devre dolaşım sistemi mi vardı? Özsu akışı gücünü nereden alıyordu? Bitkilerin bu dolaşıma ilişkin çeşitli bölümlerinin yaşamsal fonksiyonları nelerdi? İşte Hales bu soruların yanıtlarını peşi sıra yaptığı büyük deneylerde bulmaya çalıştı.

Özsu dolaşımı

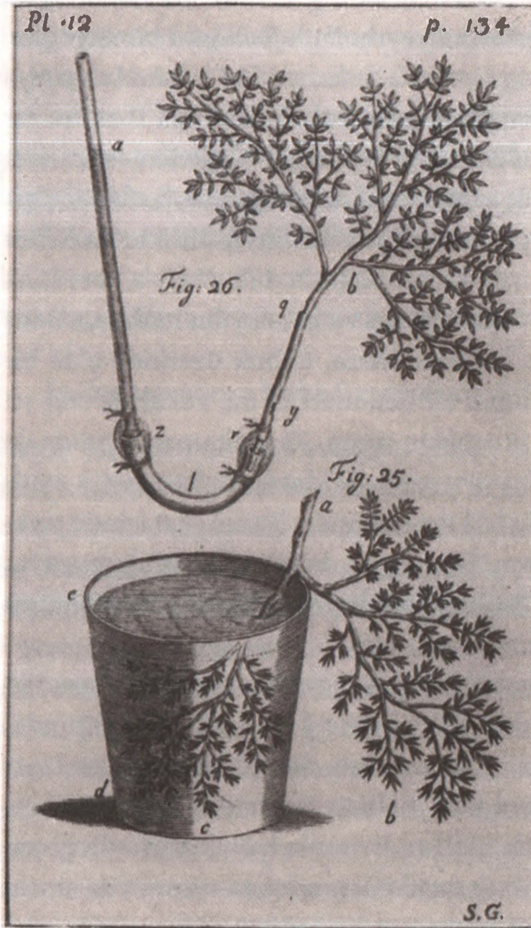
Bitkilerin yaşamsal süreçlerine ilişkin temel kuram, 1670' lerde Malpighi tarafından geliştirildi. Malpighi can alıcı iki nokta yakalamıştı. Sağduyu, özsu hareketinin kanallardan yukarıya kökten yaprağa doğru olması gerektiğini söylüyordu. Çünkü sulu unsurun bitkinin bütününe yayılması ancak bu şekilde gerçekleşebilirdi. Malpighi, basit öğelerin yapraklarda bitki maddesine dönüştüğünü düşündü. Dolayısıyla bitkiyi oluşturan maddelerin yapraktan alınıp aşağıya taşınmasını sağlayan bir dolaşım olmalıydı. Malpighi, üreme ve depolamayı yöneten süreci de anlamıştı. Birçok bitkide yedeğe alınan madde kökteki yumrularda saklandığı için, besinler karşı-dolaşımla köklere ulaşmalıdır. Bu bilgiler tahminden ibaretti. Geriye deneysel gösterim kalıyordu. Hales'in katkısı da işte bu oldu.



Hales'in *Bitkilerin Statiği* adlı eserinden alınan bu görsel, yapraklardaki buharlaşmanın özsuyunun yükselişiyle ilgili olduğunu gösteren deneyleri betimliyor.

Anlatacağım deney, çoğu bilimsel çalışmada olduğu gibi, sonuca götüren yolu hazırlayan bir dizi yardımcı deneyin varış noktasında bulunuyordu. Öncelikle, suyun köklerden yapraklara doğru hareket etmesinin nedeni, köklerden kaynaklanan basınç mıydı, yoksa yapraklardan gelen bir emiş miydi, onu belirlemek gerekiyordu.

"27 Temmuz [1716]. Bir elma dalını bir hortuma bağladım. Hortumu suyla doldurdum. Ardından dalın tamamını su dolu kovaya daldırdım." "Su seviyesi ilk iki saatte 6 inç (özsu kanallarının dolmasıyla), ertesi gece 6 inç düştü. Üçüncü günün sabahında dalı sudan çıkardım ve hortum takılı halde havaya astım; 12 saatte 27+1/2 inç su emdi." Hales'e göre "terleme büyük gücünü" göstermişti. Gövdedeki dolaşımı sağlayan suyun yapraklardan buharlaşmasıydı; köklerdeki suyun



Vegetable Staticks'ten (1738) alınan çizim, üçüncü deneyi gösteriyor. "Dolaşım"ı test etmek için açılan çentikler y ve q harfleriyle gösterilmiş.

basıncı değil... Kuşkusuz bu deneyler, söz konusu süreçlerin nasıl meydana geldiğini göstermiyordu.

Fakat yapraklarda terleyen şey su muydu? Yapraklı bir dal kap içine kapatılır ve "terli" sıvı toplanırsa, sıvının çoğunlukla su olduğu açıkça gösterilebilirdi.

Bu kez sahne, anahtar deney için hazırlandı. Bu deney özsuyun nasıl hareket ettiğini gösterecekti. Özsu dolaşımı, tıpkı hayvanlardaki kan dolaşımı gibi miydi, yoksa bir tür gelgit miydi? Hales mükemmel iki deneyle bu sorunu her zaman geçerli olacak bir çıkarımla aydınlattı. Dolaşımı inceleyenler, özsuyun gövdenin iç tarafında yukarıya, dış tarafında aşağıya doğru hareket ettiğini düşünmüşlerdi.

20 Ağustos'ta [1726] şöyle söylüyor: "Öğleden sonra saat birde 9 ayak (1 ayak = 30,48 cm) uzunluğunda, 1+3/4 inç çapında, boyu ve eniyle orantılı yan dallarıyla birlikte bir *b elma dalı* aldım; kurşun sifon 1 aracılığıyla dalı sıkıca *a* borusuna yapıştırdım. Fakat önce kabuğu ve geçen yılın halkasını 3 inç uzunluğunda, r'ye kadar soydum. Kabuk üzerinde *y*'de bir çentik attıktan ve sapın alt ucundan 12 inç yukarıda son yıl ağacına da bir çentik attıktan sonra, 22 ayak uzunluğunda ve 1/2 inç çapındaki boruyu suyla doldurdum: Su rahatça emildi; yani dakikada 3+1/2 inç oranında. Yarım saat içinde *y* yarığının aşağı kısmının öncekinden daha nemli olduğunu, aynı zamanda çentiğin üst kısmının beyaz ve kuru göründüğünü açıkça gözleyebiliyordum."

Öyleyse, "su en içteki ağaç boyunca mutlaka borudan yükselmeliydi; çünkü geçen yılın ağacı 3 inç uzunluğunda, halka şeklinde kesilip çıkarılmıştı. Sonuç olarak, eğer özsu doğal seyrinde geçen yılın halkası tarafından aşağıya taşınsaydı, eğer (sanıldığı gibi) su bununla kabuk arasında geçen yılın ağacı veya kabuk tarafından aşağıya taşınsaydı, öncelikle y yarığının üst kısmı nemlenmeliydi. Ama aksine, üst

kısım değil, alt kısım nemlenmişti." Özsuyun gövdenin iç kısmından yükselmesi gerektiği için (y çentiğinin altında boruya bağlanan kısımda son yılın halkası yoktur), ayrıca son yıl halkasının ağacı ve kabuk aracılığıyla da yukarı taşındığı için (yarığın aşağı kısmında oluşan nemle kanıtlandığı gibi) bir dolaşım, en azından kesin anlamda tam bir hidrolik devir yoktur. Eğer bir devridaim olsaydı, bir kısımdaki belli bir hareket (sistemin bir yerlerinde), başka yöndeki bir hareketle dengelenirdi. Bir bitkinin günde ne kadar su alıp, ne kadar yitirdiği göz önüne alınarak, bu sonucu destekleyecek ikna edici dolaylı kanıtlar bulunabilirdi. Hales, ayçiçeğinin insandan tam on yedi kat daha fazla su kaybettiğini gösterdi. Bir dolaşım olmuş olsaydı olağanüstü hızlı olması gerekirdi. Fakat böyle bir akış hızını gösteren hiçbir kanıt yoktur.

Hales'in belirttiği gibi "özsu üstten alta bir miktar inebilir." Bunu akıllıca düzenlenmiş başka deneyler de gösterir. Ama bu dolaşım değil, daha ziyade her gün olan gelgittir.

Hales'ten sonra bitki fizyolojisindeki gelişmeler

Sadece bir bölümünü aktardığım, dâhice tasarlanmış bir dizi deneyi izleyen yüz yıl boyunca, Hales'in ardıllarının bitki fizyolojisine çok az şey ekleyebildiklerini söylemek yanlış olmaz. Bu dönemde bazı katkılar yapılmışsa da, Hales'in deneyleri, bitkilerin su ekonomilerini neredeyse bütünüyle açıklığa kavuşturmuştu. Fakat bitkiler aynı zamanda atmosferle de gaz alışverişi yapıyorlardı. Bitkilerin besinlerinin bir kısmını havadan aldıkları, Mayow gibi (atmosfer gazlarını açıkça ayırt eden ilk bilimadamı) Hales'in de dikkatini çekmişti. Hales gaz alışverişini besine ve solunuma ilişkin olmak üzere iki türe ayırdı. Fakat, Mayow'un yaşamsal işlemlerce emilen ya da onlara "uydurulan" havanın bileşiği "nitro-aereus ruhu" (şimdi bizim "oksijen" dediğimiz şey) keşfini anlayamamıştı.

Hales, solunum ve yanmanın, havanın hacmini aşağı yukarı beşte bir oranında azalttığını düşünmüştü. Çünkü bu düşüş, hava maddesinin beşte birinin emilmesinden çok, havanın esnekliğinin azalmasından kaynaklanıyordu. Hava kuramındaki bu çok önemli hata, Hales'i, beslenme ve solunuma ilişkin gaz alışverişinin ne olduğunu saptamaktan alıkoydu. 1779'da Hollandalı doktor Ingenhousz, bitkilerin yaşamında birbirinden çok farklı iki solunum çevrimi bulunduğunu saptadı. Çevrimin birinde hayvanların solunumundaki gibi, oksijen alınıp karbondioksit veriliyordu. Öbür çevrimde karbondioksit, gazlı bir yiyecek türü olarak alınıyor, oksijen veriliyordu. 1840'lara doğru havayı oluşturan gazların kimyası oldukça iyi bilinir hale geldi. Oksijen, azot ve karbondioksit açıkça ayırt edilmiş, kimyasal özellikleri bütünüyle incelenmişti. Son aşama, 1840 yılında Boussingault'un, bitkilerin azotu havadan değil, topraktaki nitratlardan sağladıklarını göstermesiydi.

Ek okumalar

Hales, S., *Vegetable Statiks*, Londra, 1727. Daha iyi ve çağdaş yeniden basımı M. A. Hoskin tarafından yayıma hazırlanmıştır. Oldbourne Science Library, Londra, 1961.

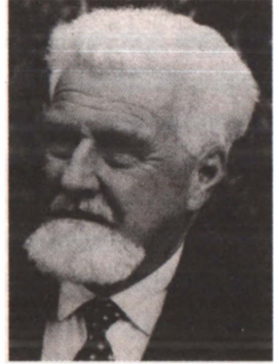
Allan, D. G. C. ve Schofield, R. E., *Stephen Hales: Scientist and Philanthropist*, Londra, 1980.

Clark-Kennedy, A. E., *Stephen Hales, D. D., F. R. S.: An Eighteenth Century Biography*, Cambridge-New York, 1929; Ridgewood, N. J., 1965.

Von Sachs, J., *History of Botany*, çev. H. E. F. Garnsey ve I. B. Balfour, Oxford, 1906.

5. KONRAD LORENZ

Etkilenimin Koşulları


Konrad Lorenz

Konrad Lorenz 7 Kasım 1903'te doğdu. Uluslararası çapta ün yapmış yetenekli ortopedi cerrahı Adolf Lorenz'in ikinci oğluydu. Adolf Lorenz doğuştan kalça çıkıklarının tedavisinde başarılı bir yöntem geliştirmişti. Bu uygulamanın dünya çapına yayılmasıyla çok zengin olmuştu. Konrad Lorenz'in çocukluğu, Viyana'ya pek uzak düşmeyen, Tuna Nehri civarındaki Altenberg köyünde, babasının yaptırdığı koca bir konakta geçti. Konrad ördek yavruları, balıklar, köpekler ve türlü türlü hayvan besliyordu. Tavanarasını karga yavrularına kümes yaptı. Bir kuş topluluğu ona ilk bilimsel malzemeyi sağladı. 11 yaşından itibaren Viyana'da Schottengymnasium'a devam etti. Birinci Dünya Savaşı sırasında köyden kente ulaşım zorlaştığından, aile kentte bir apartman dairesine taşındı.

Adolf Lorenz, oğlunun kendisi gibi tıpla uğraşmasında ısrarlıydı. 1922'de Columbia Üniversitesi'nde tıbba hazırlık dersleri alması için onu New York'a gönderdi. Genç Lorenz bu işten memnun kalmadı ve kısa zaman sonra evine döndü.

Daha sonra Viyana Üniversitesi'ne bağlı Tıp Fakültesi'ne girdi. Lorenz burada hekimlik mesleği edinmek yerine, anatomi bilimiyle uğraştı. Bu arada yakın arkadaşı Bernard Hellman'ın düşüncelerinden etkileniyordu. İki arkadaş da doğa tarihi ile ilgileniyordu. Lorenz ilk makalesi "Karga Yavruları Üzerine Gözlemler"i 1927'de yayımladı. Bir yıl sonra tıp doktorasını tamamladı.

Lorenz, pratisyen hekimliği seçmedi. Onu cezbeden anatomiydi, o bölümde asistan oldu. Bu dönemde hayvanların doğal davranışları üzerine düzenli çalışmalar yapan Oskar Heinroth'la tanıştı. Lorenz'in yaptığı birçok gönderme Heinroth'tan çok şey öğrendiğini açıkça gösterir. Lorenz 1933'te zooloji doktorası aldı. Temel bilimsel çalışmaları 1926 ile 1938 arasında kalan döneme rastlar. Bugüne kadar araştırmalarını sürdürmesine karşın, büyük buluşlarını bu 12 yıllık dilimde yapmıştır.

Lorenz Tuna Nehri'ni çok seviyordu. Tuna seyirlik manzara değildi onun için. 1930'larda bir gemi satın aldı. Ne var ki kaptan ehliyeti almak hiç de kolay olmamıştı. 1930'da çocukluğundan beri tanıdığı Margarethe Gebhardt'la evlendi.

İkinci Dünya Savaşı sırasında bilimsel çalışmaları tamamen aksadı. Biyografisini yazan Alec Nisbett, onun safdil bir politikacı olduğunu, savaş patlamadan önce, Nazi rejiminin mahiyetini tam anlamıyla kavrayamadığını söyler. Tıp adamı nitelikleri onu askeri hekim olmaya sürükledi. 1941'den itibaren Polonya'da hizmet etti. Oradan Doğu Cephesi'ne gitti ve 1944'te Ruslar tarafından esir edildi. Büyük bölümü Sovyet Ermenistan'ında olmak üzere, toplam üç yıl esir kaldı.

Savaştan sonra Almanya ve Avusturya'da bilimsel araştırmalar, işgal kuvvetlerinin zorbaca kontrolleri yüzünden büyük ölçüde aksamıştı. Sonunda 1948'de Göttingen'de Max Planck Enstitüsü kuruldu. Enstitüyü yöneten topluluk Lo-

renz'in araştırmalarını desteklemeye hazırdı. Lorenz, Altenberg'teki evini enstitünün bir parçası ve bölge istasyonu olarak kullandı. 1951'de Baron von Romberg'in yardımları sayesinde, önce Balder'de, hemen arkasından Seewiessen'de tamamen etolojik araştırmalara vakfedilmiş bir enstitü kuruldu. Bu da Max Planck Enstitüsü'nün bir parçasıydı. Lorenz 1962'de müdür oldu.

1974'te Nobel Ödülü'nü, Niko Tinbergen ve Otto von Frisch' le paylaştı.

Etolojide ilk çalışmalar

Hayvanların doğal ortamda izlenmesi ve normal yaşamlarına müdahale etmeden gözlenmesi, uzun zamandır doğa tarihçilerinin, genellikle de meraklıların uğraş alanına giriyordu. Yalnız Darwin'in, hayvanların doğal davranışı üzerine yaptığı çalışmalar, bu uğraşıya bilimsel bir biçim kazandırmıştı.

Darwin, etolojinin merkezi düşüncesini yakalamıştı: Hayvanların günlük davranışı, anatomik yapılarına ya da fizyolojik yapılarına bağlı olduğu kadar, hayvanların yaşadığı ortama da bağlıdır. Darwin, günlük davranışların gelecek kuşaklara aktarılabildiğini ve doğal seçime tabi olduğunu düşünüyordu. Sorun az ya da çok bu noktaya odaklanıp öylece kaldı.

Konuyu tekrar açan ve geniş bir çerçeveye oturtanlar Amerikalı bilimadamlarıydı. Amerikalı biyolog C. O. Whitman, hayvanlar hakkında ancak doğal ortamda ve normal yaşam koşullarında gözlemlenerek elde edilen bilgilerin sağlıklı olabileceğini ileri sürüyordu. Günlük davranışların açıklanmasında, Darwinci yaklaşımın savunucusu oldu. Whitman ve öğrencileri çeşitli türlerin doğal davranışları üzerine nitelikli çalışmalar yapıyorlardı. Lorenz en büyük başarısının, Whitman'ın çalışmaları ile hocası Oskar Heinroth'un çalışmalarını birleştirmek olduğunu söyler.

Ne var ki Darwin'in asıl başarısı, çoğu fizyoloğun gözünden kaçmıştır. Hayvanlar, özellikle de maymunlarla fareler, kafese hapsediliyorlardı. Hayvanların temel davranışları, bu davranışlara neden olan uyarıcıların saptanması, çeşitli ortamlara tepkileri işte bu şekilde kafes ortamında gözlemleniyor, hayvanlar bitmek tükenmek bilmeyen deneylere tabi tutuluyorlardı. Program baştan aşağıya bir yanlış anlamaya dayanıyordu. Bu yöntemler öylesine yerleşik bir hal almıştı ki, ilerleme ancak bağımsız gözlemlerle sağlanabilirdi. Bilimadamının zahmet edip laboratuvarından çıkması gerekiyordu.

Hayvan davranışlarına ilişkin çalışmalarda yöntem değişikliği, doğal ortamda yaşayan hayvanın, yine doğal ortamda izlenmesi için getirilen kesin standartların uygulamaya konmasıyla mümkün oldu. Bu yaklaşım özellikle Alman bilimadamlarınca savunuldu. Bununla birlikte, kısa sürede bu çalışmalar, İngiliz doğa tarihi geleneğiyle de birleşerek, hayvan davranışlarının yabanıl ortamda gözlemlenmesinde büyük adımlar atıldı. İşte henüz açılan bu alanın merkezindeki adam, Lorenz'di.

Etkilenimin keşfi

Eğer Darwin haklıysa, bir türün üremesine ilişkin belirli hedeflere erişilmesini sağlayan duyarlı bir mekanizma, birbirine bağlı alışkanlıklardan oluşan bir davranış zinciri olmalıydı.

İlk etolojik çalışmalarda bu alışkanlıklar tanımlanıyor, bunların öğrenmekle kazanılmadıkları kanıtlanmaya çalışılıyordu. Sözgelimi civcivlerin davranışı buna bir kanıt oluşturuyordu. Henüz açılmış bir yumurta kabuğunun içi, yırtıcı kuşları cezbeden parlak beyaz renktedir. Yırtıcı kuşların kolayca görebileceği yerlerde yuva yapan kuşların çoğu, yumurta kabuklarının atılması için doğal bir alışkanlığa sa-

hiptir. Fakat yırtıcı kuşlardan uzak, güvenli yerlerde yuva yapan kuşlarda, yumurta kabuklarının atılmasını sağlayan böyle bir sinirsel mekanizmaya rastlanmıyor.

Ancak davranış dizilerine girişmenin, refleks zincirini harekete geçirmenin sinirsel mekanizmanın kalıtsallığından başka yolları da vardır. Alışkanlık doğru bir uyarıcı tarafından tetiklenmiş olmalıdır. Artık soru şöyle sorulabilir: Doğru uyarıcıyı tanıma yetileri, alışkanlık gereği (alışkanlık uyarıldığında) hareket etme yetisiyle birlikte mi miras alınır? Yanıt düşündürücüdür: "Kimi zaman!" Eğer gelişimlerinin belli evrelerinde eğitilmemişlerse, birçok kuş türünde yavrular türdeşlerini tanıyamaz.

Örneğin yavru kıyı çulluğu gelişiminin daha üst bir evresinde yumurtadan çıkar. Yavru doğuştan bir şemaya sahiptir. Bu sayede yetişkin kuşları hemen tanır. Yetişkinlerin yanında beslenmek için ağzını açmak gibi uygun davranışlar sergiler. Öğretilmediği halde insanlardan kaçar.

Deneyler hangi yetişkin karakterinin baskın olduğunu göstermiştir. Yavru kuşların uygun tepkileri, yetişkinlerin ayrı ayrı her davranışına bakılarak tanımlanabilir. Bu kuşlar ile benzer türlerde, alışkanlığı sürdürme yeteneği doğuştan miras alınmış olmalıdır.

Bununla birlikte birçok kuş türünde farklı yetişme çizgileri de vardır. Türlerin gelişimiyle ilgilenenler Avrupa'da parlak bir örnekle karşılaşmışlardı. Avrupa'nın hemen hemen her bölgesinde yaşayan boz kaz, bu dönemin ünlü kuşuydu. Yavru kaz, tamamıyla insan tarafından büyütüldüğünde, alışkanlıkları insana doğru yöneliyordu. Bu çalışmalarda yavruların gelişme evrelerinde belirginleşen davranışlar tespit ediliyordu. Gelişme olgusunu kayda geçiren ilk gözlemler Oskar Heinroth'a aitti. Ona göre, ördek yavrusu doğar doğmaz insandan kaçar ve saklanır. Kaz yavrusu ise, "insana sa-



İnsan eliyle beslenerek etkilenmiş üç kaz, Lorenz'i izliyor.

kince bakıyor ve okşanmaya direnmiyor.... yavru kaz türdeşleriyle [yetişkin kazlarla] ilişki kurma eğilimi göstermiyor.... ınsanla sanki anasıymış gibi ilişki kuruyor"du. Heinroth'un belirttiği gibi, henüz doğmuş kaz yavrusu, kırık yumurta kabukları arasından tam olarak gördüğü ilk şeyi, annesinin görünümü olarak kaydeder.

Etkilenimin zamansal koşullarının deneyle bulunuşu

Lorenz'in başarısı bu olgunun evrelerini, sistematik deneylerle ortaya çıkarmaktı. İlk bulguları etkilenimin temelinde yatan düşünceyi doğruladı. Çeşitli türleri karşılaştırarak, "belleğe kazınan nesnenin, kuşun hayatı boyunca, ancak belirli bir dönem korunabileceği"ni gösterdi. Etkilenimin yapıldığı andan itibaren, hatta etkilenimin sona ermesinden sonra bile (süre, değişik türlere göre büyük ölçüde değişir) "tanıma duyarlılığı unutulamaz". Çok önemli iki kuramsal çıkarım bunu izlemektedir: Hayvan terbiyecilerinin ya da ıslah etmekle uğraşanların sandıklarının aksine, içgüdüsel yapıdaki bu boşluğu (davranışları yönlendirecek belli nesnelerin olmayışını) dolduracak doğal bir dürtü olmalıdır. Daha vahim bir hata, etkilenimi bir tür öğrenme olarak düşünmektir. Öğrenilmiş rutinlerin özelliği, unutulabilmeleri ya da başka bir davranışla değiştirilebilmeleridir.







Lorenz'in, *Hz. Süleyman'ın Yüzüğü* adlı kitabını koymak için yaptığı resimler.

Bazı içgüdüsel davranış kalıplarını hedefleyen belirli örnekler bir kez belleğe işlendiğinde, hayvan, eğer söz konusu davranış kalıbı yaşamının bir gereği ise (sözgelimi yemek için ağzını açmak gibi), bunda zerrece bir değişiklik yapmaz. Bu bölümde anlatılan deney, bütün içgüdüsel davranış kalıplarının toptan mı belleğe işlendiğini, yani hepsinin yalnızca tek bir etki nesnesine mi yöneldiğini, yoksa her alışkanlığın kendi etkilenim anına mı sahip olduğunu belirlemek için düzenlenmişti. İkinci durum geçerliyse, her alışkanlık kendi bireysel nesnesine sahip olacaktır.

Deney nesnesi Lorenz'in Altenberg'deki evinin çatısında yaşayan geniş koloniden genç bir karga yavrusuydu. Kuş diğer karga yavrularından ve kuşlardan tamamen yalıtılarak büyütüldü. Bu yüzden normal içgüdüsel davranış kalıpları ya doğuştandı ya da insanlar tarafından belletilmişti. İki davranıştan biri, sürüyle birlikte uçma leş kargaları tarafından belletilmişti. Leş kargaları, yavru karganın toplu uçuş için gerekli nesneleri hayatının bu evresinde tanıtabilecek bir kuş türüydü. Kendi türündeki karga yavrularıyla birlikte büyümesi ve yaşamasına rağmen, bizim yavru her gün leş kargalarıyla uçtu, zamanını onlarla geçirdi. Bu en azından bir alışkanlığın, ona karşılık gelen nesneden ve belleme anından, yani etkilenim anından bağımsız olduğunun kanıtlanmasıdır. Üreme alışkanlıklarının nesnelerini izleyeceği kritik dönemde karga yavrusu, diğer karga yavrularının arasında yaşıyordu. Böylece bizim karga çiftleşme isteğini diğer karga yavrularına yöneltti. Sonuçta yavrumuz leş kargalarıyla uçtu, kendi türünden kargalarla çiftleşti, insan tarafından beslendi. Üreme alışkanlıkları ve uçma alışkanlığının bellenmesi bir yavru karganın yaşamında farklı dönemlerde gerçekleşiyor olmalıydı. Normal karga yavruları diğerleriyle uçar, çiftleşir ve beslenir. Deney yavru kuşun her yaşamsal alışkanlığının

farklı dönemlerde bellendiğini gösterdi. Her birinde belirli bir alışkanlığın ortaya çıktığı, programlanmış takvim işletilmeliydi. Ama yavrunun bakım sırasında kazandığı alışkanlıklar kaldı. Denek karga yavrusu ilk kez bir yavru kargayla karşılaştığında, "aniden", der Lorenz, o genç kuşa uyum sağladı; onu "tamamen türün tarzına göre yönlendirdi ve besledi." Ne var ki bu onun gördüğü ilk karga yavrusuydu. Bu yüzden söz konusu alışkanlığın nesnesi önceden bellenmiş olmalıydı. Demek ki, alışkanlıkların bütünlenmesini sağlayacak nesnelerin bellendiği belirli anların yanı sıra, hem alışkanlığa hem de nesneye göre doğuştan gelen alışkanlıklar var.



.Lorenz'in ailesinin Altenburg'daki evi.

Geriye ilkenin son noktası kalıyor. Bir kuş yavrusu uyg bir nesneden etkilenince bu nesne bir türün temsilcisi ol

Kuş, tür tarafından mı etkilenmiştir, yoksa bireysel olarak nesne tarafından mı? Yanıt oldukça karışıktır. Lorenz gördü ki, bir kuş etkilenim yoluyla ana-baba olarak insana ihtiyaç duyarsa ve cinsel dürtüleri gelişirken insanlarla yaşamayı sürdürürse, bunu ana-babası olan insana değil başka insanlara yöneltiyor. Etkilenimi düzenleyen doğal mekanizma daha karmaşık olmalıydı. İlk anda yavru bir ana-babayı, dolayısıyla konuşmayı gereksindi, çevresindekinin insan mı, yoksa kuş mu olduğunu ayırt etti. Ama bir sonraki sahnede, bir eşe alıştığında etkilenimin bireysel bir görüntüye bağlanmış olduğu görülür.

Son gelişmeler

Nobel Ödülü'nü Lorenz ve von Frish'le paylaşan N. Tinbergen, çok değişik yaratıkların davranış kalıpları üzerinde doğal ortamda yapılan çalışmaları sürdürdü. Davranışları nöropsikolojik tarzlarına göre karşılaştırdı. Bu alanda Lorenz'den daha ileri gitmişti. Tinbergen'in ardılı ve öğrencisi Macfarland, davranış kalıplarına ilişkin sinirsel mekanizma hakkındaki hipotezleri formüle etti, sistem kuramının yöntemlerini ve kavramlarını yeni bir aşamaya getirdi. Ama Tinbergen'in ısrar ettiği gibi kalıpların sürekliliği, Darwinci bir çerçevede görülmelidir; yani bireylerin kendi doğal çevrelerine uygun olarak çiftleşme evrimine uyum sağlayacak şekilde olmalıdır.

Nasıl ki ilk laboratuvar çalışmalarında hayvan davranışlarının öğrenmeden kaynaklandığı düşüncesinden kolay kolay vazgeçilmemişse, bunun ardında yatan siyasal önyargılardan da öyle kolayca vazgeçilemiyordu. Anglo-Avrupa geleneğinden etolosistler, davranışların doğuştan belirli olduğu varsayımını kararlılıkla savundular. Bu, büyük kuramsal temizliklerin, kuramları sınamak için çok geniş bir alanda

gözlemsel ve deneysel çalışmaların yapılmasını gerektiriyordu. Lorenz ve Tinbergen'in temel düşüncesinin zamana karşı dayanıklılığı konusunda, şimdilik hiçbir ciddi şüphe duyulamaz demek yanlış olmaz.

Son yıllarda doğal ortamda hayvanlar üzerine yapılan çalışmalar, maymunlara ve şempanzelere kadar yayılmıştır. Ayrıca aslanlar, goriller ve diğer büyük hayvanlarla ilgili ayrıntılı çalışmalar da vardır.

Bilimsel çalışmaların meyveleri, hayvan yaşamına ilişkin bilgilerde kaydedilen gelişmeler yeni bir yazın türünün doğmasına yol açtı. Artık etoloji literatürü, hayvan yaşamı ile insan yaşamı arasında yapılan karşılaştırmalar içeriyor. Bu türden yarı bilimsel, yarı popüler çalışmaların çoğu, insanların belirli alışkanlık türlerinin de doğuştan programlandığını göstermek eğilimindedirler. Bebeklerde etkilenilen nesnelerin olabileceği buna bir örnektir.

Etolojik bilgileri halka yaymaya çalışan kimi araştırmacılar (örneğin Robert Ardney), genellikle çağdaş insanın davranışları ile hayvanların kimi davranışsal alışkanlıkları arasında benzerlikler kuruyorlar. Bu tür değerlendirmeler insan ırkının uzak bir geçmişinin hayalinin canlandırılmasıyla ilintilidir.

Lorenz etkilenimi keşfetmedi. Ama Lorenz'in deney ve gözlemleri, farklı davranışsal alışkanlık nesnelerinin hayvan yavrularını etkilemesi ve bunun zamanlamasına ilişkin iki rakip hipotez arasında seçim yapmayı olanaklı kıldı.

Ek okumalar

Lorenz, K., *King Solomon's Ring*, çev. M. K. Wilson, Londra, 1952.

Lorenz, K., *Studies in Animal and Human Behaviour*, çev. R. Martin, cilt 1, Londra, 1970.

Ardrey, R., *The Territorial Imperative*, Londra, 1967.

Durant, J. R., "Innate Character in Animals and Man: A Perspective on the Origins of Etholog", Webster, C. (der.), *Biology, Medicine and Society, 1840-1940*, Cambridge, 1981.
Nisbett, A, *Konrad Lorenz*, Londra, 1976.
Tiger, L. ve Fox, R., *The Imperial Animal*, Londra, 1972.
Tinbergen, N., "Ethology", R. Harré (der.), *Scientific Thought, 1900-1960*, Oxford, 1969, 12. Bölüm.

C

Tümevarımla Yasanın Biçimini Bulmak

Doğa yasaları yalnızca niteliksel ilişkiler değildir. Ama kimi zaman çok keskin biçimler aldıkları görülmüştür. Bu biçimler işlemlerin niceliksel yönleri üzerine (miktar, zaman gibi) çalışarak açığa çıkarılmış matematiksel ilişkiler şeklinde ifade edilmişlerdir. İki ünlü deney, ölçüm aracılığıyla, basit bir yoldan biçimin ortaya çıkarıldığını açıklıyor. Oluklu bir kalas üzerine, değişik uzaklıklardan bırakılan topun yuvarlanma süresini ölçerek Galileo, ivmeli hareket yasasını kesin olarak formüle edebildi. Yolun zamanın karesine oranı, ivmeli hareketin matematiksel ifadesiydi. Robert Boyle yasanın biçimini belirlemede bu kadar hızlı davranmadı. Çoğunlukla gazların "esnekliği"ni araştırmakla geçirdi zamanını. Ayrıca kapalı kapta tutulan bir gazın hacmi ile basıncı arasındaki matematiksel ilişkiyi saptadı ve bunları yasalaştırdı.

6. GALILEO

Serbest Düşme Yasası



Galileo Galilei, Ottavio Leoni'nin karakalem çizimi, 1624. Louvre Müzesi, Paris.

Galileo Galilei, 15 Şubat 1564 tarihinde Pisa'da doğdu. Babası Vincenzo Galilei kumaş taciriydi. Ama aynı zamanda döneminin tanınmış bir matematikçisi ve müzik kuramcısıydı. Kepler, Vincenzo'nun armoni ile ilgili kitabını Viyana'dan Graz'a yolculuğu sırasında okumak için yanına almıştı. Galileo Galilei eğitiminin bir bölümünü babasından, bir bölümünü de Floransa yakınındaki Vallombrosa Manastırı'ndan aldı. O günlerde başarı yeteneğe olduğu kadar, himaye edilmeye de dayanırdı. Galileo, Marki Guido Ubaldo del Monte'nin dikkatini çekecek kadar şanslıydı ve koruyucusunun yardımıyla henüz yirmi beş yaşındayken Pisa matematik kürsüsüne atandı. Galileo, kural tanımazlığı ve saldırgan mizacı yüzünden çok önemli düşmanlar edindi. Pisa'nın kısır ve doyumsuz koşullarını terk etmeye pek hevesli olduğundan, 1692'de aynı koruyucunun yardımıyla Padua'da matematik kürsüsüne getirildi.

Kendi geliştirdiği teleskobuyla yaptığı bir dizi ilginç gözlemin sonucunu aktardığı *The Starry Messenger* (Yıldız Haber-

cisi) kitabının yayımlanmasıyla, 1610 yılında Galileo'nun yıldızı parladı. Kitap, ayın engebeli arazisinin oldukça ayrıntılı bir tasvirini ve asıl önemlisi Galileo'nun Jüpiter'in ayları ile ilgili keşfinin inandırıcı kanıtlarını içeriyordu. Güneş sisteminde ikinci bir çekim merkezinin varlığını gösteren bu keşif, Galileo'nun başına dertler açtı. Çünkü Paduali Aristocuların Galileo'nun teleskobundan gözlemlemeyi reddettikleri nesneler Jüpiter'in aylarıydı.

Galileo, Toskana Grandükünün baş matematikçisi olarak 1610 yılında Floransa'ya geldi. Hemen dikkatleri üzerine çekmeye başladı, devlet ile kilisenin en yüksek makamlarında dost ve hayranlar kazandı. Ayrıca Galileo daha önce Kardinal Bonafeo Barberini olarak tanıdığı Papa VIII. Urban'ın desteğini kazandı. Ama 1632'de Papa'nın karşı çıkmasına karşın, *Dialogue on the Two Great World Systems* (İki Büyük Dünya Sistemi Üzerine Diyalog) adlı eserini yayımladı. Eserde Galileo ile bir ya da iki arkadaşını temsil eden bir grup bilimadamı, Copernicus'un kuramı ile karşı kuramları tartışıyorlardı. VIII. Urban bilinmeyen bir nedenden ötürü bu kitabın yayımlanmasına çok öfkelendi ve Galileo'yu yargılanmak üzere Roma'ya gönderdi. Galileo, kitabında dile getirdiği düşünceleri 1633'te geri aldı. Ev hapsine mahkûm edildi ve bilimsel çalışmalarını yayımlaması yasaklandı. Ama o, mahkûmiyeti boyunca, gayret ve azimle *Dialogue concerning Two New Sciences* (İki Yeni Bilim Üzerine Diyalog) adlı eseri üzerinde çalışmayı sürdürdü. Bu bölümde belirtilen bütün keşiflerin yer aldığı bu kitap, doğal olarak İtalya'da ortaya çıkarılamadı; ancak 1638'de Leyden'de Elzevir tarafından yayımlanabildi.

Yaşamının ilk döneminde çocuklarına karşı duygusuzca davranan Galileo, son yıllarında kızıyla yakınlaştı. Böylece yaşlılığında kendisine bakan bir kızı oldu. Galileo 8 Ocak 1642 tarihinde öldü.

Hareket yasaları üzerine ilk çalışmalar: Merton teoremi

Kuşkusuz Galileo'nun deneyleri hareket yasalarıyla ilgili Oxford Merton College'de, 1328'de başlatılan çalışmaların doruk noktasını oluşturdu. O yıllarda Thomas Bradwardine *Tractatus de Proportionibus* adlı denemeyi tamamlamıştı. Bradwardine'in kinematik (hareket bilimi) sorununa yönelmesi, anlaşıldığı kadarıyla, Merton'un ödüllü üç matematikçisi William Heytesbury (yaklaşık 1310-1380), Richard Swi-neshead (1340'larda Merton' da) ve John Dumbleton (yaklaşık 1330 ile 1350 arasında Merton' da) tarafından teşvik edilmişti.

Marshall Clagett'e göre, bu üç bilimadamının matematik çalışmaları, ortaçağ mekanik bilimleri tarihinde, hareket biliminin pek çok temel kavramının gelişmesine önayak olmuştu. Bu çalışmalar, hareketlerarası farkı, hareketin nedenleri ile ilgili kuramı, hareket bilimini, hareket sürecine ve etkilerine ilişkin kuramı, ivme kavramının tam bir formülasyonunu ve hepsinin üzerinde, sabit ivmeli hareketin anlaşılmasının anahtarı olan ortalama hız teoreminin bir kanıtını kapsıyordu. İki merkezi düşünceye sarılmak gerekiyordu: Bir cisim hızlandığında, her an değişik bir hıza sahip oluyordu. Bu, Heytesbury tarafından açıkça tanımlanan anlık hız kavramına başvurmayı gerekli kılıyordu. Ama hareket eden bir cismin aldığı toplam yol ile harcanan toplam zamanı karşılaştırırsak, yalnız ortalama hızı hesaplayabilirdik. Anlık hızın ölçülmesi olanaksızdı, çünkü bunun için cismin anlık bir hızla belirli bir süre hareket ettiğini ve belli bir yol aldığını kabul etmek gerekirdi. Mertonlu matematikçilerin düzgün hızlanan hareketin yasaların bulmalarını mümkün kılan deha patlaması, ivmeli hareket olgusunun ortalama hıza başvurmadan da anlaşılabileceğinin gösterilmesi oldu.

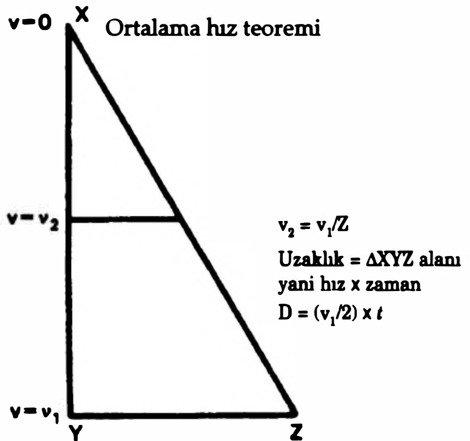
Ortalama hız teoremi neydi? Düzgün hızlanan bir cisim,

birim zaman süresince ortalama hızla alabileceği kadar yol alır. Cismin başlangıçta hareketsiz olduğunu varsayarak olayı basitleştirirsek, teorem geometrik olarak da dile getirilebilir.

Galileo'nun, düzgün hızlanan hareket yasalarının biçimine ilişkin hipotezini doğrudan ya da dolaylı olarak ne ölçüde bu matematiksel analizlerden aldığı, araştırmacıların üzerinde anlaşamadıkları bir konudur. *Two New Sciences*'da Galileo, deneyi, serbest düşen cisimlerin ivmelerinin yukarıda yorumlanan mantığa uygun davrandığından emin olmak için yaptığını söyler (Drake çevirisi s. 169). Burada söz konusu olan yorum ortalama hız teoreminin bir kanıtıdır. Bununla beraber, Galileo'nun notları üzerine bir çalışmasında Stillman Drake, onun 1603 ya da 1604 yılında eğik düzlemde yuvarlanan bir topla deneyler yaptığını, deneyden önce de yasalardan hiç kuşku duymadığını ileri sürmüştür (Drake, 1978, s. 84-90). Olayın aslı ne olursa olsun, burada anlatacağımız deney, kesin biçimi bulunmaya çalışılsa da, bir yasanın varlığının baştan kabulünü gerektirir.

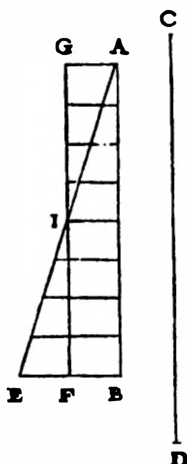
Galileo'nun bir hareket yasasının biçimini deneyle bulması

Galileo, hareketle ilgili matematiksel çalışmayla deneysel çalışmayı titizlikle birbirinden ayırır. Galileo şöyle diyor: "Herkes rasgele bir hareket biçimi tasarlayıp sonra da onun özelliklerini tartışabilir. Biz gerçek doğada olduğu gibi ivmeyle düşen bir kütle



170 DIALOGO TERZO

tibus temporis A B maximus & ultimus repræſentetur per E B, utcunque ſuper A B conſtituta : junctæque A E lineæ, omnes ex ſingulis punctis lineæ A B ipſi B E æquidiſtanter actæ creſcentes velocitatis gradus poſt inſtans A repræſentabunt. Diviſa deinde B E bifariam in F, ductiſque parallelis F G, A G, ipſis B A, B F; Parallelogrammum A G F B erit conſtitutum triangulo A E B æquale, dividens ſuo latere G F, bifariam A E in I: quodſi parallelæ trianguli A E B uſque ad I G F extendantur, habebimus aggregatum parallelarum omnium in quadrilatero contentarum æqualem aggregatui comprehenſarum in triangulo A E B. quæ enim ſunt in triangulo I E F, paria ſunt cum contentis in triangulo G I A; eæ vero quæ habentur in trapezio A I F B, communes ſunt. Cumque ſingulis & omnibus inſtantibus temporis A B reſpondeant ſingula & omnia puncta lineæ A B, ex quibus actæ parallelæ in triangulo A E B comprehenſæ creſcentes gradus velocitatis adauctæ repræſentant; parallelæ vero intra parallelogrammum contentæ totidem gradus velocitatis non adauctæ, ſed æquabilis, itidem repræſentent: apparet totidem velocitatis momenta abſumpta eſſe in motu accelerato juxta creſcentes parallelas trianguli A E B, ac in motu ęquabili juxta parallelas parallelogrammi G B: quod enim momentorum deficit in prima motus accelerati medietate, (deficiunt enim momenta per parallelas trianguli A G I repræſentata,) reficitur à momentis per parallelas trianguli I E F repræſentatis. Patet igitur, æqualia futura eſſe



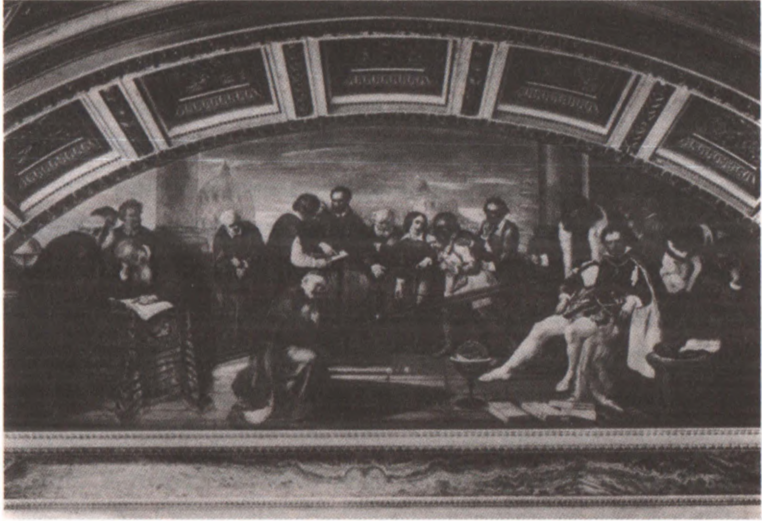
ſpatia

Ortalama hız teoreminin geometrik gösterimi. *İki Büyük Dünya Sistemi Hakkında Diyalog* adlı eserinden. Leyden, 1638, s. 170.

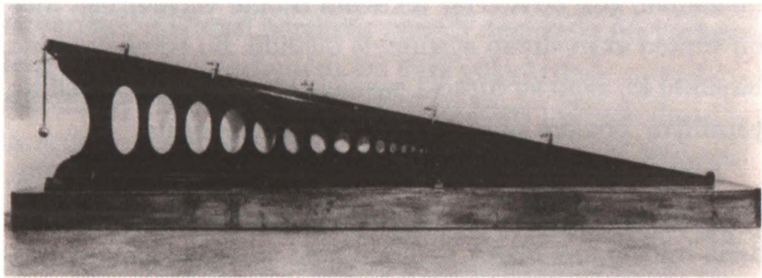
tasarlamaya karar verdik ... inancımız [ki hep böyle yaparız] deneysel yolla kanıtladığımız özelliklerle uyumlu görünen deney sonuçlarını onaylar." Dikkat edilmesi gereken ilk şey

kütlelerin düşmeye yavaş başlamaları ve hızlarını giderek artırmalarıdır. Yani düşüşün ivmeli olmasıdır. Ağır bir top, yumuşak bir zemine, gittikçe daha yüksekten düşürülerek kolayca denenebilir bu. Top ne kadar yüksekten düşerse, zeminde ona orantılı bir çukur açar.

Ama serbest düşme sırasında, bir kütlenin hareketini kesin olarak gözlemlemek ve ölçmek çok zordu. Galileo bu zorluğu, hareketi bir eğik düzleme taşıyarak ve böylece onu



Galileo aygıtını gösteriyor. Giuseppe Bezzuoli tarafından yapılmış çağdaş bir duvar resmi. Tribuna de Galileo, Museo Zoologico "La Secola", Firenze.



Galileo'nun düzeneğinin bir kopyası. Toskana Grandükü için 1775'te yapılmış. Instituto e Museo di Storia della Scienza, Floransa.

yerçekiminden daha küçük bir ivme altında inceleyerek aştı. Ortalama hız teoremine göre alınan yol bu sırada harcanan zamanın karesiyle orantılıydı. Yasayla ilgili düşüncelerini ister bu teoremden isterse ilk deneylerden türetmiş olsun, Galileo, alınan yolların oranını harcanan zamanların oranıyla karşılaştırmaya girişti.

Deneyde, oluk açılıp cilalandıktan sonra parşömenle kaplanan bir kalas kullanılıyordu. Kalas eğik olarak yerleştirildikten sonra oluk üzerinden bronz bir top yuvarlanacaktı. Deneyin ilk bölümünde, böyle bir dizi deneme için beklenen değişme miktarları, iniş için harcanan zaman, kronometre niyetine nabız tutularak ölçüldü. Belirli bir yükseklikten iniş için harcanan zaman hemen hemen aynı kalıyordu.

Sabit ivmeli hareket için uzaklık ile zaman arasında kurulan kuramsal ilişki, top, kalas uzunluğunun dörtte birinden, sonra yarısından, üçte ikisinden vs. yuvarlanarak ve her iniş için harcanan zaman ölçülerek sınandı. Gerçekten de top, kalas boyunun dörtte birine erişmek için, tamamından inmek için gereken zamanın yarısını kullandı. Hangi uzaklık seçilirse seçilsin, yüzlerce kez tekrarlanan deneyler sonunda, alınan yollar arasındaki ilişkinin, harcanan zamanların kareleri arasındaki ilişkiye benzediği görüldü. Deneylerin son bölümünde zaman, çok büyük bir teknenin dibine yerleştirilen ince bir tüpten akan suyun ağırlığıyla ölçüldü. Bu tekne öylesine büyüktü ki, akan su tüpteki basınçta hissedilir bir değişiklik yapmıyor, böylece suyun akış hızı sabit kalıyordu.

T. Settle, 1961 yılında, Galileo'nun yöntemine olabildiğince sadık kalarak bu deneyi tekrarladı. Böylece aynı sonuçları daha mükemmel olarak yeniden elde etmekle kalmadı, Galileo'nun deneylerinin hayal ürünü olduğuna dair bir zamanlar geçerli olan görüşe de son verdi.

Hareket biliminde daha sonraki gelişmeler

Ne var ki Galileo'nun araştırmalarında iki soru yanıtlanmadan kalmıştı. Kütleler niçin sabit ivmeyle düşerler? Yeryüzünde geçerli olan hareket yasaları, yıldızlar ve gezegenler de içinde olmak üzere, evrendeki her kütleye uygulanabilir mi? Newton'un bu sorulardan bazılarına verdiği yanıtlarla bilimadamları 20. yüzyılın başlarına kadar yetinmişlerdi.

Kepler'den sonra Newton, evrende iki kütlenin merkezi arasında birbirini etkileyen kuvvetlerin var olabileceğini düşündü. Bunlar açıklanmayan bir etkinin, yani kütlesel çekimin sonucuydu. Newton, temel ilke olarak kütlesel çekim yasasını önerdi. Bu yasaya göre, herhangi iki kütle arasındaki çekim kuvveti kütlelerin çarpımıyla doğru orantılı, aralarındaki uzaklığın karesiyle ters orantılıdır. Yeryüzünde, bir kütlenin düşmesinde olduğu gibi çok küçük uzaklıklar söz konusuysa, bu kuvvet hemen hemen sabit kalır ve böylece Galileo'nun incelediği sabit ivmeli hareket ortaya çıkar.

Kütle çekim yasası ayın dünya, gezegenlerin güneş etrafında neden döndüğünü açıklıyordu. Bu kütleler, çekim kuvveti olmasa, yörüngelerine teğet bir doğru boyunca hareket edeceklerdi. Ama onlar bir çekim kuvvetinden etkilendiklerinden, etrafında dönecek biçimde ağır kütleye doğru sürükleniyorlardı. Kısacası, sürekli olarak düşüyorlardı. Yörüngesel hareket, doğrusal hareketle sürekli düşmenin bir kütlede dengelenmiş bir karışımıydı. Bu yasa gökyüzünde saptadığımız, daireye benzer yörüngesel hareketleri pek çok durumda açıklar. Aynı yasalar yeryüzünde olduğu gibi yıldızlar arasında da geçerlidir.

Mertonlularca matematiksel analizleri başlatılan ve Galileo tarafından deneysel olarak gösterilen hareket yasaları gerçek dünyaya uygundu. Galileo'dan sonraki yüzyıllarda dikkat ve titizlikle daha saf kavramların tanımlanmasına ve daha

gelişkin matematiksel yöntemlerin hazırlanmasına girişildi. Enerji ile momentum arasına ayrım kondu ve temel araştırma yöntemi olarak cebir, geometrinin yerini aldı. Bu gelişmeler çok daha karmaşık hareketleri ve çok daha gelişkin yapıları matematiksel olarak ele almamıza olanak sağladı.

Mekanik kanunlarının doğaya uygunluğunu sınamak üzere çok daha gelişmiş makineler, örneğin Atwood makinesi, ancak 19. yüzyılda geliştirildi.

Galileo'nun deneyinde, düşüncede geliştirilen bir kavramsal sistemin gerçek dünyaya uygunluğunun deneyle sınanmasının çok saf bir örneğini görürüz. Bu deneyin mantığını yalnızca tümevarımla ya da deneme-yanılma yöntemiyle açıklamak olanaklı değildi.

Ek okumalar

Galilei, G., *Dialogues Concerning Two New Sciences,* çev. Stillman Drake, Madison, Wisc, 1974 (orijinal basımı, Elzevir, Leyden, 1638).
Clagett, M., *The Science of Mechanics in the Middle Ages,* Madison, Wisc, 1961.
Drake, S., *Galileo at Work,* Chicago ve Londra, 1978.
McMullin, E. (ed.) *Galileo Man of Science,* New York. 1967.
Santillana, G., *The Crime of Galileo,* Chicago, 1955.

7. ROBERT BOYLE

Hava Akışının Ölçülmesi



Robert Boyle'un çağdaş bir gravürü. Oxford Üniversitesi Bilim Tarihi Müzesi.

Robert Boyle 1627'de İrlanda'da Lismore'da dünyaya geldi. On dört kişilik bir ailenin en küçük oğlu olmasına karşın, bolluk bereket içinde büyüdü. Babası ilk Cork Kontu'ydu. Robert Boyle'un annesi Kont'un ikinci karısıydı. Soylular arasında âdet olduğu üzere, sekiz yaşındayken Eton'a, yatılı okula gönderildi. Dört yıl Eton'da kaldıktan sonra Cenova'ya giderek, kendisini bütünüyle matematiğe kaptırdı.

Cenova'da kendini iyiden iyiye bilime adamıştı. Bir akşam gümbürtüyle düşen yıldırım merakını uyandırdı; yıldırım neden kendisine çarpmamıştı? Tanrı'nın onu özel bir görev için ayırdığı düşüncesine kapıldı. O günlerde doğa dininin güçlü olduğu hesaba katılırsa, Tanrı'nın büyüklüğünü, doğanın sırlarını çözerek göstermeye çalışmasında şaşılacak bir şey yoktu. Boyle Cenova'dan İtalya'ya geçti, Floransa'da bir süre kaldı. Orada Galileo'nun çalışmalarıyla ilgilendi.

İçsavaş onu İngiltere'ye dönmeye zorladı. Kral yanlısı olması beklenebilirdi. Ama çeşitli nedenlerden ötürü parla-

mento sempatizanı oldu. Bu, onu Samuel Hartlibb'le tanıştırdı. Hartlibb, Boyle'u, tıp çalışmaya özendirdi. Kimyaya ilgisi, ilaçlar hazırlamaya çalıştığı bu dönemde başladı.

1656'da Oxford'a, üniversite kolejine bitişik, şimdi gülünç Shelley Abidesi'ne sahip olmakla övünen siteye yerleşti. Burada doğanın tanecikli yapısının ve mekanik kuramının deneysel kanıtını güçlendirmeye çalıştı. Zamanın önde gelen matematikçileri Wallis ve Ward'la dost oldu. Belki daha da önemlidir, mekanik doğa kuramının felsefi temellerini geliştiren John Locke ve Chirst Church'ün çevresine girdi. Bu döneme ait bilimsel etkinliklerini 1666'da yayınlanan ünlü çalışması *The Origine of Formes and Qualities*'de topladı.

Restorasyondan sonra Royal Society'nin kurulmasında çok aktif bir görev üstlendiği için Londra'ya hareket etti. Dünyaya karşı sofuca yaklaşımı, onu dini propaganda yapan birçok projenin içerisine soktu. Bilimsel uğraşının her aşamasında küçük, eğlendirici denemeler yazdı. Kişisel aşkla dini görevler arasındaki çelişkiyi konu alan İngilizce ilk tarihsel romanlardan biri sayılan *The Martyrdom of Theodora*'yı yazmaya koyuldu. 1691'de Londra'da öldü.

Boyle'den önce gazlar üzerinde çalışmalar

17. yüzyılda "hava" ile ilgili çalışmaları kışkırtan düşünce, boşluğun doğası ve hatta olanaklı olup olmadığıydı. Ortodoks düşünüş gerçek bir boşluğun fiziksel olarak olanaklı olduğunu reddetti; çünkü "doğa boşluğu sevmez"di.

Oysa Torricelli boşluğun olanaklı olduğunu göstermişti. Torricelli cıva dolu bir tüpü ters çevirip sıvı dolu bir kaba daldırdığında, cıvanın bir miktar boşalıp, tüpün üst kısmında boşluk bıraktığını göstermişti. Neden bu "yapay" veya üretilmiş boşluk doğada bulunmuyordu? Boşluğun mümkün olduğuna inananlar, hele Torricelli'nin kanıtından sonra, boş

hacimlerin neden dolmak zorunda olduğunu, boşluğun neden geçici ve nadir olduğunu açıklamak durumundaydılar. Boyle'a göre havanın muazzam yayılma gücü boşluğu dolduruyordu.

Problemin deneysel araştırılması, von Gueriche tarafından başlatılmıştı. Von Gueriche birbirine dikkatle tutturulmuş iki pirinç yarım küre yaptı. Yarım küreler, bir grup atın koşumlarına bağlanmıştı. Kaynar su buharıyla yarım küre çiftinin içindeki hava boşaltılmıştı. Şimdi zıt yönde duran atlar, havası boşaltılmış pirinç topu çekip ayırmaya çalıştılar: Ama nafile! Dış basınç, yani açık hava basıncı yarımları bir arada tutmuştu. Ancak havanın yayılma gücünün gerçekliği hâlâ doğrudan onaylanamamıştı.

Boyle'un ilk grup deneyi, doğrudan havanın aktif gücünü göstermek için düzenlenmişti. *Hava Akışına Değinen Fiziko-mekanik Yeni Deneyler*'de Boyle şunları söylüyor: "Atmosfer ağır bir cisim olduğundan Hava Basıncı'nın, özellikle harici bir kuvvetle sıkıştırıldığında Hava'nın, kendini asılı durumda tutacak veya kendisine karşı koyan bir güce en az atmosfer kadar direnecek bir Akıntı olduğu, dalgıçların tarzına bakılarak anlaşılabilir. İnsan yapısı herhangi bir güçle yoğunlaştırılamayan içinde yaşadığımız Hava'nın, sadece dirençli bir Akışa sahip olmakla kalmayıp, aynı zamanda hava dolu bir kesede veya tükenmiş Almacımızla şişirilen bir torbayı patlattığında görüleceği gibi, bir ölçüde (diyebilirim ki) aktif Akışa sahip olduğu yine dalgıçların tarzından anlaşılabilir."

Fakat daha dolaysız bir deney isteniyordu. Havanın aktif akışını göstermek için Boyle ve Hooke'un yaptığı düzenek, cıva dolu küçük bir tüp ile onu kapacak genişlikte bir tüpten ibaretti. Cıva, küçük bir tüpteki bir miktar sıkıştırılmış havanın basıncına maruz bırakılmıştı. Dış tüp havayla dolu olduğunda basınçlar birbirini dengeliyordu. Fakat dış tüpteki

hava boşaltıldığında, küçük tüpteki sıkıştırılmış hava cıvayı tüpün üzerine doğru itiyordu. Herhalde, hava boşaldığında, küçük tüpteki cıva şırıl şırıl akmıştır. Hava akışıyla ilgili çalışmaları tamamlamak üzere Boyle, sıkışan ve genleşen havanın Akış Gücünü ölçmeyi teklif etti. Bu, basınç artırılarak sütundaki havanın düzeyi düşürüldüğünde, akışın arttığını; dış basınç azaltılarak hacim artırıldığında, akışın azaldığını ölçmek anlamına geliyordu.



1740 civarında yapılmış bir hava pompası. Boyle ile çalışan Denis Papen'in (1647-1712) yaptığı pompalara çok benziyor. Oxford Üniversitesi Bilim Tarihi Müzesi.

Deney: hava akışının ölçülmesi

Düzenek oldukça basittir. Boyle ve asistanı Hooke "alttan kıvrılmış, ağzı açık ve kısa tarafı hava geçirmez biçimde kapatılmış" uzun bir tüp aldılar. Borunun her iki ucuna dikkatle kâğıt şeritler yapıştırıp birer inç arayla taksimatlandırdılar. Tüp daha uzun ve açık olan ucundan cıvayla dolduruldu. Sonra sık sık eğilerek kapalı uçtaki havanın dışarı çıkması sağlandı. Böylece kapalı uçtaki havanın esnekliği öbür uçtaki esnekliğe eşit duruma getirildi. Bu yolla basınç eşitlendiğinde açık uçtan cıva dökerek kapalı uçtaki havanın basıncını artırdılar. Bu işlem kapalı uçtaki hava, hacminin yarısına inene kadar sürdü.

Boyle'un Torricelli tüpü dediği, bizimse barometre diyeceğimiz bu tüple, iki arkadaş deney boyunca 29 inç cıva sütununa denk olan hava basıncını ölçtüler. Kapalı uçtaki havanın hacmi yarıya indiğinde tüpün açık ucundaki cıva sütunu tam 29 inç yüksekliğindeydi. Kısacası, "bu gözlem hipotezimizle hem uyuştu hem de onu destekledi... havanın üzerindeki ağırlık daha büyük olduğunda genişleme çabası ve dolayısıyla direnci daha da arttı (tıpkı yaylara kuvvet uygulandıkça dirençlerinin de giderek artması gibi.)" Bu noktada tüp kırıldı. Boyle ve Hooke "oldukça büyük bir tüple yeniden uğraştı"lar.

Havanın seyrelmesini gösteren bir tablo

A. Tüpün üstünde eşit hava kısmını içeren, eşit boşlukların sayısı

B. Atmosfer basıncını dengeleyen hava akışıyla birlikte, cıva silindiri yüksekliği

C. Atmosfer basıncı

D. Hapsolmuş havanın tuttuğu basıncı gösteren, B'den C'ye tamamla

E. Hipoteze göre olması gereken basınç

A	B	C	D	E
1	00 0/8	29 3/4'ten çıkarılan	29 3/4	29 3/4
1 1/2	10 5/8		19 1/8	19 5/6
2	15 3/8		14 3/8	14 7/8
3	20 3/8		9 4/8	9 11/12
4	22 5/8		7 1/8	7 7/16
5	24 1/8		5 5/8	5 19/20
6	24 7/8		4 7/8	4 23/24
7	25 4/8		4 2/8	4 1/4
8	26 0/8		3 6/8	3 23/32
9	26 3/8		3 3/8	3 11/36
10	26 6/8		3 0/8	2 39/40
12	27 1/8		2 5/8	2 23/48
14	27 4/8		2 2/8	2 1/8
16	27 6/8		2 0/8	1 55/64
18	27 7/8		1 7/8	1 47/72
20	28 0/8		1 6/8	1 39/80
24	28 2/8		1 4/8	1 23/96
28	28 3/8		1 3/8	1 1/16
32	28 4/8		1 2/8	0 119/128

Havanın sıkıştırılmasıyla elde edilen değerler. Boyle, *Yeni Deneyler*'ini Franciscus'un itirazlarına karşı savunmuştu. *Savunma*, *Yeni Deneyler*'in 1662 yılında yayımlanan 2. basımına eklenmiş. Bir gazın hacmi ile basıncı arasındaki karşılıklı ilişkinin "Yasa"sını gösteren tablolarını, işte o eserde ilk kez yayımlamıştı. *Works* ed. Birch, Cilt. I, s. 260.

Daha yeni ve dayanıklı bir tüp kullanarak, havanın cıva sütununa gösterdiği direnç ile sıkışan havanın hacmi arasındaki ilişkiyi anlamak için bir dizi gözlem yapabildiler. Sonunda tabloda görülenleri elde ettiler.

Burada bir noktaya dikkat çekmek gerekiyor. Deney, sıkıştırma kuvveti uygulandığında havaya ne olduğunu anlamak için değil, havanın uyguladığı kuvvetin sıkıştırılma durumuna bağlı olduğunu göstermek için düzenlenmişti. Bu, havanın aktif direncini, akışını ölçme çabasıydı.



Sanatçı, Boyle'un deneyinde tüpün kırılmaması için alınan önlemi resmetmiş.

Bu kez önlemler alındı. Boyle ve Hooke, taşan cıvanın ziyan olmasını ve tüpün kırılmasını önlemek için tüpü tahta kutu içerisine yerleştirmişlerdi. Büyük ihtimal ilk deneyde, bunu göz önüne almadıkları için tüp kırılmış ve bütün cıva yere dökülmüştü.

Deney oda sıcaklığında yapıldı. Kapalı havayı ısıtmanın ya da soğutmanın etkisi ne olacaktı? Tüpü ıslak bir bezle sararak soğutmayı umdular; fakat cıva "sanki birazcık büzülmüş gibiydi, ama bu çok da önemli değil" di. Ne var ki, tüpün kapalı ucunu bir mum aleviyle dikkatle ısıttıklarında "sıcaklık gözle görülür bir etki yaptı". Şekiller içeren tablo tam bir orantı yasasını göstermez. Ama "böylesi hassas deneylerde kaçınılmaz kesinlik eksikliği", hatalı sonuçlar elde edilmesine yetecek kadardır.

Boyle, birkaç deneyi temel alarak evrensel hipotezler formüle etmenin doğru olmadığını çok iyi biliyordu. "Fakat tüm bunlar için söz edilen kuramın evrensel ve kesin olarak geçerli olup olmayacağını belirlemek için şansımı denemeyeceğim" diyordu. "Sıkıştırma kuvveti yeterince artırıldığında, sonsuza yakın bir sıkıştırma gücü altında havanın nasıl bir hal alacağını henüz belki de kimse bilemez." Bu, göreceğimiz gibi, tam da Amagat'ın ileride yanıt verdiği sorudur.

Anlatılan deney, yalnızca atmosfer basıncı üzerine çıkan basıncın hava üzerindeki etkisini test etti. Bunun tersi bir basınç düşüşü de olmalıdır ki, havayı serbest durumdaki hacminin üzerinde genişletsin. Düzenek farklı olmalıdır; çünkü cıva yüzeyinin alçalmasını ölçecek esnek tüpleri yoktur. Boyle, "Kuğu tüyü kadar narin bir cam tüp tedarik ettik," diyor. Tüp boyunca üzerinde inç taksimatı bulunan bir kâğıt şerit yapıştırdılar. Küçük tüp, cıvayla doldurulmuş geniş bir tüpe daldırılmıştı. Böylece cıva bir inç kadar yukarı çıktı. Tüp bir inç hava hapsetmek üzere balmumuyla kapatıldı.

"Bundan sonra tüp bir süre bekletildi. Böylece hava balmumunun sıcaklığıyla birazcık genleşti, soğutularak eski duruma getirildi." Narin tüp yukarı kaldırılarak içindeki havanın basıncı azaltıldı. Böylece hava 1 1/2 inç'e, 2 inç'e vb. yükseldi.

Hava yoğunlaşmasını gösteren tablo

A	A	B	C	D	E
48	12	00	22 1/3'e eklenecek	29 2/16	29 2/16
46	11 1/2	01 7/16		30 9/16	33 6/16
44	11	02 13/16		31 15/16	31 12/16
42	10 1/2	04 6/16		33 8/16	33 1/7
40	10	06 3/16		35 5/16	35 - -
38	9 1/2	07 14/16		37	36 15/19
36	9	10 2/16		39 5/16	38 7/8
34	8 1/2	12 8/16		41 10/16	41 2/17
32	8	15 1/16		44 3/16	43 11/16
30	7 1/2	17 15/16		47 1/16	46 3/5
28	7	21 3/16		50 5/16	50 - -
26	6 1/2	25 3/16		54 5/16	53 10/13
24	6	29 11/16		58 13/16	58 2/8
23	5 3/4	32 3/16		61 5/16	60 18/23
22	5 1/2	34 15/16		64 1/16	63 6/11
21	5 1/4	37 15/16		67 1/16	66 4/7
20	5	41 9/16		70 11/16	70 - -
19	4 3/4	45 - -		74 2/16	73 11/19
18	4 1/2	48 12/16		77 14/16	77 2/3
17	4 1/4	53 11/16		82 12/16	82 4/17
16	4	58 2/16		87 14/16	87 3/8
15	3 3/4	63 15/16		93 1/16	93 1/5
14	3 1/2	71 5/16		100 7/16	99 6/7
13	3 1/4	78 11/16		107 13/16	107 7/13
12	3	88 7/16		117 9/16	116 4/7

A. Kısa kısımda ayrıca genişletilen, aynı miktarda, hava içeren eşit boşlukların sayısı.
B. Uzun kısımda, belirtilen boyutlarda havayı sıkıştıran cıva silindiri yüksekliği.
C. Hava basıncını dengeleyen cıva silindiri yüksekliği.
D. İçerde kalan havanın basıncını gösteren, son iki sütun, B ile C'nin toplamı.
E. Basınç ve genişlemelerin birbirini tamamlayan oranlarda olması gerektiğini ileri süren varsayıma göre, elde edilecek basınç.

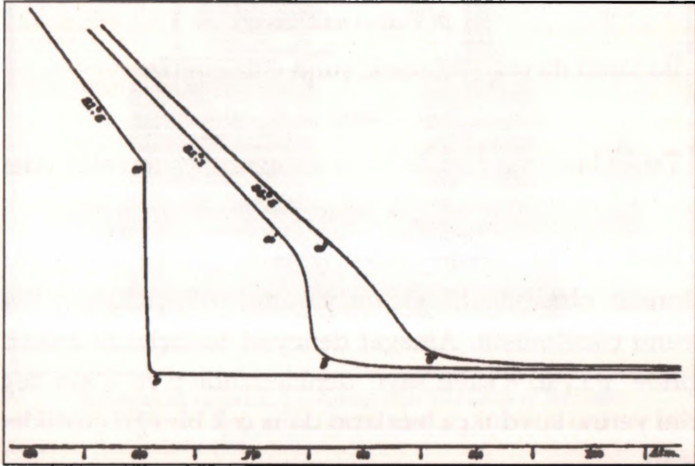
Hava basıncının düşürülmesinin sonuçları. Tablo, Boyle'un *Savunma*'sından alınmıştır. *Works*, ed. Birch, Cilt I, s. 158.

Boyle ve Hooke, o gün ayrıca havanın barometrik basıncının 29 3/4 inç olduğunu saptamışlardı. Hava ilk hacminin iki katına çıktığında, tüpün iki ucunda kalan cıva düzeyleri arasındaki farkın, barometre yüksekliğinin yalnızca yarısı olduğuna kanaat getirdiler.

Bir hata bulunmuştu. Tüpü yeniden cıvaya daldırdıklarında hava yavaşça atmosfer basıncındaki hacmine ulaştı. Boyle bu yükselmeyi tüpteki cıvada bulunan küçük hava kabarcıklarına bağladı. (Hassas bir deneyde kesinliğin kaybedilmesi işte böylesine kolaydır!)

Boyle'dan sonra gazlar üzerine çalışmalar

Gazlarla ilgili deneylerin gelişmesi üç farklı çizgi izledi. Boyle ve Hooke yalnızca düşük basınç ve sıcaklıktaki hava üzerinde çalıştılar. Andrews karbondioksite orta düzeyli basınç uygulanarak belli bir sıcaklığa erişildiğinde, gazın Boyle Yasası'na artık uymadığını saptadı. Gerçekte "kritik sıcaklık"ın altında daha fazla soğutulmadan basıncın artırılmasıyla gaz sıvılaşmıştı. Bu çalışmalar E. H. Amagat tarafından genişletilmiştir. Amagat uzun bir tüpü babasının kömür madenine sarkıtarak işe başlamıştı. Bu yolla çok büyük basınçlar elde etti. Daha



Hacim ile basınç arasındaki ilişkilerin Boyle Yasası'na uymadığını anlar. Eğrinin basınç eksenine paralel olduğu "kritik nokta"ya yaklaştıkça gaz sıvılaşıyor. T. Andrews, Bakerian Lecture, "Maddenin Gaz Hali", *Philosophical Transactions of the Royal Society*, Cilt 166 (1876), s. 443.

sonra sıcaklığı sistematik olarak değiştirmesine izin veren bir düzenekle, atmosfer basıncından 400 kat yüksek basınç üretecek mekanik yöntemler geliştirdi. Hidrojen dışında, bütün gazların belli bir sıcaklıkta Andrews tarafından bulunan sapmayı sergilediğini gösterdi. Boyle Yasası sınırlıydı.

Amagat pozitivist değildi, bir eş-ilişkiyle yetinmişti. Gazların yüksek basınç altında neden Boyle Yasası'na uymadığını açıklamaya çalıştı. Gazların gelişigüzel hareket eden parçacıklar veya moleküller topluluğu olması gerektiğini düşünerek soruna çözüm getirdi. Bu aslında Clausius'un varsayımıydı. Gazları oluşturan parçacıklar gerçekse eğer, onların da gazlar gibi hacmi olmalıydı. Diyelim ki bu hacim *a* olsun. Öyleyse gaz moleküllerinin hareket ettiği gerçek kullanılabilir hacim, kabın hacmi olan *V* değil, moleküllerin hacminden geri kalan kabın hacmidir. Yani hacim V-a'dır. Gaz sonsuz bir basınçla sıkıştırılsa bile, moleküler hacimden daha fazla sıkıştırılamaz. Basit bir matematiksel ilişki bunu ifade edebilir:

$$p(V\text{-}a) = \text{sabit sayı}$$

İki tarafı da p'ye bölersek, şunu elde ederiz:

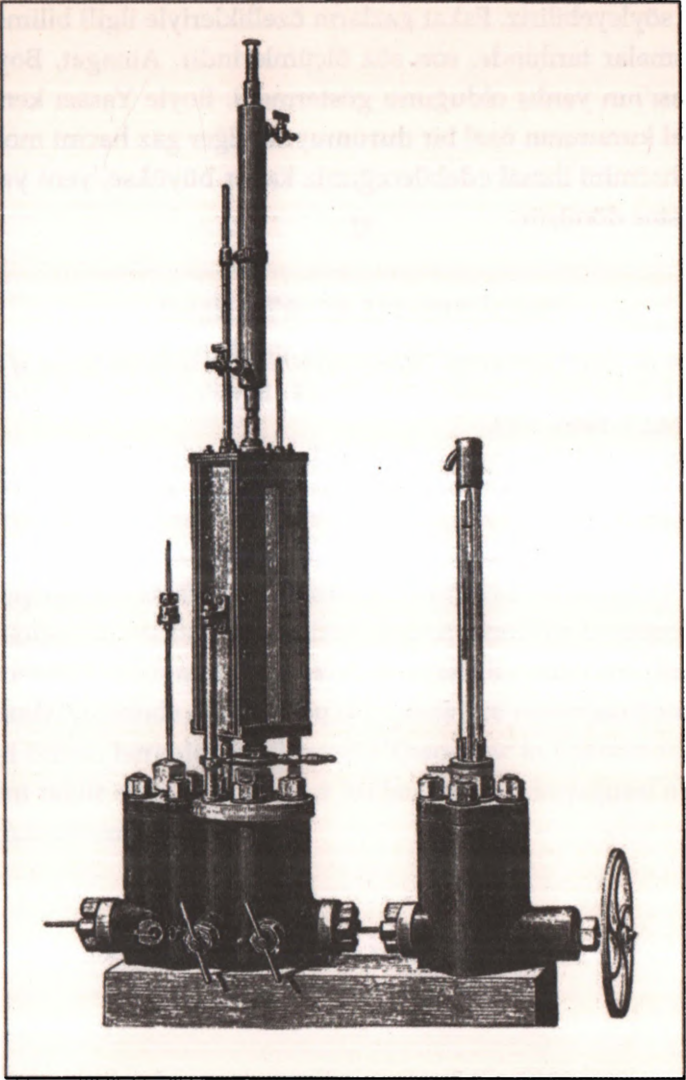
$$V\text{-}a = \text{sabit sayı} \; / \; p$$

Tam sıkıştırma altında $V = a$ olduğunda şunu elde ederiz:

$$0 = \text{sabit} \; / \; p,$$

Herhangi bir sayının sonsuza bölümü sıfır olduğundan, *p* sonsuz olmalıdır. Boyle'un yasanın evrenselliğine ilişkin sorunu çözülmüştü. Amagat deneysel sonuçlarını analiz ettiğinde "$p\ (V\text{-}a)$ = sabit sayı" denkleminde *p* ve V'nin değerlerini yerine koydukça bunların daha çok bir eğri çizdiklerini gördü.

Robert Norman ve Galileo'nun getirdiği önemli bir yenilik, ölçüm yapmaktı. Ama yine de Galileo'nun yuvarlanan toplarında ölçümler pek önem taşımaz. Galileo serbest düş-



Amagat'ın aygıtı. E. H. Amagat'ın *The Laws of the Gases* adlı eserinden (1899), s. 17.

me yasasının ne olması gerektiğini biliyordu. Ölçümler sanki ne kadar emin olmamız gerektiğini göstermek için bilinenlere yönelmişti. Boyle'un nasıl bir yasa beklediğini önceden bildi-

ğini söyleyebiliriz. Fakat gazların özellikleriyle ilgili bilimsel çalışmalar tarihinde, son söz ölçümlerindir. Amagat, Boyle Yasası'nın yanlış olduğunu göstermedi. Boyle Yasası kendi genel kuramının özel bir durumuydu. Eğer gaz hacmi molekül hacmini ihmal edebileceğimiz kadar büyükse, yeni yasa eskisine dönüşür.

Ek okumalar

Boyle, R., *New Experiments, Physico-mechanical, touching the Spring of the Air and its Effects*, Londra, 1660; 2. baskı, Boyle'un *Defence*'i de içinde, 1662; 3. baskı, 1682.

Bacus, C. (ed.), *Memoirs on the Laws of Gases*, New York, 1899.

Hall, M. B. (ed.), *Robert Boyle on Natural Philosophy*, Bloomington, Ind., 1965.

D

Başka Türlü Araştırılması Olanaksız Süreçlerin Taklidi

Buraya kadar verilen örneklerde deneyci deney nesnesi üzerinde doğrudan çalışabiliyordu. Ama gözlemden ve deneysel kontrolden uzak süreçler de vardır. Üstelik bunlar tuhaf doğa olaylarının meydana gelmesinde belirleyici olabilirler. Bu tür olguları incelemek için bilimadamları üzerinde inceleme konusunun oluşumunu örnekleyen sistemler kurarlar. Her şey model üzerinde denenir. Bu tür deneylere verebileceğimiz en iyi örnek, herhalde Freibourglu Theodoric'in yağmur tanelerini taklit eden cam küreler kullanarak gökkuşağının oluşumunu incelemesiydi.

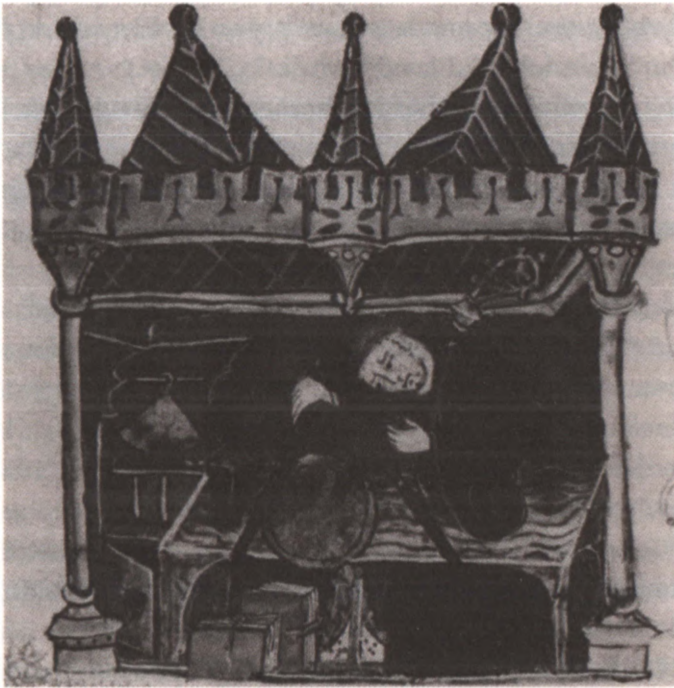
8. FREIBOURGLU THEODORIC

Gökkuşağının Nedenleri

Theodoric'in 1250'den az önce Almanya'da doğduğu sanılıyor. 1275'ten 1277'ye kadar Paris'te çalıştığı biliniyor. Dominiken'di. 1293'ten 1296'ya kadar Almanya Eyaleti'nin üst düzey yönetiminde görev aldığına göre, tarikatında çok önemli bir konuma sahip olması gerekir. 1304'te Toulouse'daki genel bölüme atandı. O dönemde Dominikenlerin genel başkanı olan Aymeric de aynı şehirdeydi. Theodoric'i gökkuşağı üzerine düzenli çalışmalar yürütmesi için o teşvik etti. Bu olay onun ışık hakkındaki çalışmalarını topladığı *De Iride* (Gökkuşağı Hakkında) adlı büyük yapıtının ne zaman yazıldığını çıkarmamıza yardım etmektedir; Aymeric'in genel başkan olduğu 1304-1311 arasında yazılmış olmalıdır. Bazı nedenlerden ötürü Theodoric sonraki hayatında öğretmeyi bıraktı; kendini kilise idaresine verdi. Bilimsel çalışmalarını bu iş değişikliğinden önce tamamladığı düşünülebilir. 1310'da Piacenza'daki tarikatın genel merkezine atandı. Muhtemelen kısa bir süre sonra öldü.

Theodoric'in en çağdaş biyografisini yazan William Wallace, onun bir ölçüde bağımsız düşünceli bir kimse olduğunu söylüyor. Yaşadığı dönemde dinsel kurallar çok katıydı. Olur olmaz kişisel ilgiler peşinde koşmak pek kolay değildi. Wallace, Theodoric'in araştırmalarının yayımlanmasındaki bariz ke-

tumluğa dikkat çekiyor. Almanya'da Almanca din dersi vererek büyük itibar kazanması, yansız tutumun bilime kapalı olmadığının bir göstergesidir. *De Iride*'de sergilenen bilimsel incelemeler, Theodoric'in antik kaynaklardan ya da kendi düşüncesinden türetilen her bilgiyi büyük bir titizlikle denediğini göstermektedir. Eser edilgen bir düşünce aktarımı ya da yalnızca geleneksel otoritelerin skolastik onayı olmaktan uzaktır.



Theodoric'in İngiliz çağdaşı Wallingfordlu Richard'ı bir astronomi aygıtı yapmaya çalışırken gösteren bir resim.

Ortaçağ biliminde Aristoteles'in yapıtlarından kalan malzeme temcit pilavı gibi işlenmesine karşın, yer yer büyük atılımlar da yapılıyordu. Deneysel bilimler alanında Theodo-

ric'in gökkuşağıyla ilgili çalışması, bize ulaşan en etkileyici atılım olsa gerek. Üstelik bu çalışma, gökkuşağının ilkece hâlâ kabul gören öyküsünü anlatmaktadır.

Theodoric'ten önce gökkuşağı çalışmaları

Gökkuşağını anlama merakı, ışık ve etkilerinin araştırılmasında iki önemli noktaya dikkat çekti. Bir, renkler nasıl oluşur? İki, yansıma ve kırılma olgularında görülen göz alıcı geometrik düzenliliğin açıklaması nedir? Gökkuşağı bu problemleri çok özel bir tarzda ortaya koyar. Renkler neden her zaman bulundukları düzeni korurlar? Gökkuşağı neden hep böyle çok özel ve değişmez bir geometrik biçimdedir? Neden bir çember yayı biçimindedir ve neden yayın tepe noktası ile ufuk çizgisi arasındaki açı hiçbir zaman değişmez? Bu sorular, ışığa merak salmış bir doğabilimleri öğrencisinin karşılaşacağı konuların tümünü içeriyor.

Meteorologica'da (3. kitap) Aristoteles'in sunduğu çözüm şudur: "Çiyden daha iyi bir ayna" olan henüz biçimlenmiş yağmur damlalarından yansıyan ışık, gökkuşağının görünmesine neden olur. Ortaçağda yaşayan bazı yorumcular, kuşağın dairesel biçiminin güneşin dairesel diskinin bir yansımasından kaynaklandığını ileri sürmüşlerdi.

Düşmekte olan yağmur damlalarının ayna gibi bir düzlem oluşturması nedeniyle, görünüşün özünde bir yansıma olduğu düşünülüyordu. İlk kez Albertus Magnus, gökkuşağının damlalar ile ışık arasındaki etkileşimden türediği düşüncesini ortaya attı. Böylece damlaların küresel biçimine dikkat çekilmiş oldu. Ama Albertus, renklerin bir tür tabaklaşma yüzünden, başka bir deyişle, yağmur damlalarının oluşturduğu bir dizi perde yüzünden oluştuğunu düşündü. Theodoric'in deneysel çalışmalar için kolları sıvadığı bir dönemde, Alverniali Peter, gökkuşağının yansıma değil, kırılma nedeniyle oluştuğunu ileri sürdü.

Renklerle ilgili tartışmalar, bunların gökte renkli kuşaklar olarak gerçekten mi var olduğu, yoksa bunların bir algı yanılsaması mı olduğu soruları etrafında odaklanmaya başladı. Yorumcuların çoğu, güneş ışığı ile yağmur damlaları arasındaki bir etkileşimin gerçek renkleri doğurduğunu düşünüyordu.

Problem çözüldü: su dolu idrar kaplarıyla deney

Theodoric konuyu iki yönüyle incelemeye koyuldu; kuşaktaki renkler ile bu renklerin düzeni araştırılacaktı. Her adım, bir kuramın rehberliğinde denetlendi. Kuramın her aşaması, deney ve gözlemler yapılarak titizlikle sınandı. Ancak göreceğimiz gibi, Theodoric'in renklerle ilgili kuramı deneylerle doğrulandığı halde, ayrıntılarda yanlışlarla doluydu. Ama yine de çok önemli bir konuda Theodoric haklıydı; renkler ışık ile su damlaları arasındaki etkileşimden doğuyordu.

Theodoric'in renklerin oluşumuyla ilgili açıklaması çok karmaşıktı. Burada anlatılacak açıklama bunun oldukça sadeleştirilmiş bir biçimidir. Theodoric dört temel renk olduğuna inanıyordu: kırmızı, sarı, yeşil, mavi. Bu renkler ilkece birbirinden farklıydılar. Bu yüzden Theodoric'in tasarımında, bugünkü anlamda sürekli bir tayfa rastlayamıyoruz. Yunan düşüncesinden ve Aristoteles'in kuramlarından etkilenen düşünürler, karşıtlar çerçevesinde açıklamalar getiriyorlardı. Dört farklı renk, iki çift karşıtlıktan doğmuş olabilirdi. Theodoric kuramını ortamın karşıt özellikleri üzerine kurdu; ortam sınırlı ya da sınırsız olabilirdi, saydam olabilirdi ya da olmayabilirdi. Kırmızı ile sarı açık renkler, yeşil ile mavi koyu renklerdi. Theodoric belki de ilk ikisinin parlak beyaza son ikisinin de donuk siyaha yakın olduğunu söylemek istiyordu. Bu farklı renklerin oluşumunu şöyle açıklıyordu: Parlak ışık cam gibi sınırlı bir bölgeye ulaştığında kırmızı, sınırsız bir

bölgeye vardığında sarı oluyordu. Cam bir prizmanın yüzeye yakın bölgeleri daha sınırlı, içe yakın bölgeleri görece sınırsızdır. Bu yüzden, yüzeye yakın bölgelerden geçen ışık kırmızı, derinden geçen ise sarı olacaktı. Koyu renkler söz konusu olduğunda, ortamın görece saydam olmayışı farklı renklerin ortaya çıkmasından sorumlu oluyordu: Ortamın mat olduğu yerde mavi renk, daha geçirgen olduğu yerde ise yeşil renk ortaya çıkıyordu.

Bir sonraki adım, renklerin ortaya çıkışıyla ilgili olarak kuramı, geçirgen prizmalardan ya da kürelerden geçen ışığa uygulamaktı. Theodoric kuramının her yönünü sınamak için iyi planlanmış bir dizi deneye girişti. Herhangi bir saydam cismin iç kısımları yüzeyine oranla daha mattır. Işık böyle bir cisimde kırıldığında, sözgelimi cam prizmada, iç kısım daha mat olduğundan, yüzey yakınında açık renkler oluşur. Böylece kırmızı ile sarı, yüzeye yakın olan bölümlerde oluşurken, mavi ile yeşil iç kısımlarda oluşur. Buraya kadar elde ettiğimiz dört etmenin (sınırlı ya da sınırsız ortamlar, saydam ya da saydam olmayan ortamlar) ilişkilerini değerlendirdiğimizde, sırasıyla kırmızı, sarı, yeşil ve mavi renkleri elde edebiliriz.

Theodoric bir altıgen prizma ve su dolu büyük bir cam küreyle yaptığı deneylerle, renklerin öngörülen düzenini doğrulamış oldu. A. C. Crombie bunun tıpta kullanılan bir tür idrar kabı olduğunu düşünüyor. Theodoric'in Basel Üniversitesi Kütüphanesi'nde korunan elyazmasındaki diyagramlarda, ortamdan geçen ışığın izlediği yolun hassasiyetle çizildiği görülüyor. İlk şekilde Theodoric'in nasıl kırmızıyı en açık renk (prizmanın en sınırlı bölgesi olan yüzeye yakın bölümde oluşur), maviyi en koyu renk (ortamın en az geçirgen olduğu iç kısımda oluşur) olarak düşündüğü açıkça görülür.

Ancak gökkuşağı renklerinin oluşması sırasında, ortamlar arasındaki bir ilişkiden kaynaklanan başka bir ara süreç de vardır. Gökkuşağına bakıldığında, en üstteki rengin kırmızı, en alttakininse mavi olduğu görülür. Renklerin bu özel dizilişinin nedenlerinin keşfi, Theodoric'in büyük deneyi sayesinde gerçekleşti. Theodoric'in düşüncesi yağmur damlasına uygulandığında, ışığın hem yüzeyde kırılması hem de küre içinde yansıması gerekir. Bu olguyu denemek için Theodoric, yağmur damlasını temsil edecek içi su dolu büyük bir şişe kullandı. Böylece, deyim yerindeyse, sorunu laboratuvarında inceleyecekti. Işınların izlediği yol sayfa 126'daki şekilde açıkça görülebilir. İçerideki yansıma yüzünden renklerin dizilişi tersine dönmüştür. Gökkuşağındaki renk düzeninin, renklerin oluşumuyla ilgili temel kuramla uyumlu olduğu görülüyor. Işınlar damladan geçerken yüzeye yakın bir yerde göründü. Mavi koyu bir renk olarak ortamın derinliklerinde üretildi. Ancak yansımada, henüz renk kazanmış olan ışınların dizilişi tersti.

Deneyin özündeki mantığa dikkat çekmek gerekiyor. Deney sayesinde onaylanmış bilimsel bilginin bir parçasını oluşturan iki önemli olay tam olarak gösterilmiştir. Theodoric belirli renkleri oluşturan ışık ışınlarının damla içinde özel yollar izlediğini gösterdi. Renklerin dizilişi bu farklı yolların sonucuydu. Theodoric, renklerin gözlemcinin gözünde değil, damlada oluştuğunu gösterdi. Kuramı bunun nedenleri açıklamakta yetersiz kalıyordu belki ama, renklerin damlada oluştuğu doğruydu. Bundan böyle, ortamın farklı bölgelerinin sınırlı ya da sınırsızlığı, renklerin berraklığı ya da müphemliği fiziksel olarak doğru mudur, yanlış mıdır gibi kuşkular Theodoric'in başarısına gölge düşürmeyecektir. Sonuçta renkler damlada oluşmaktadır.

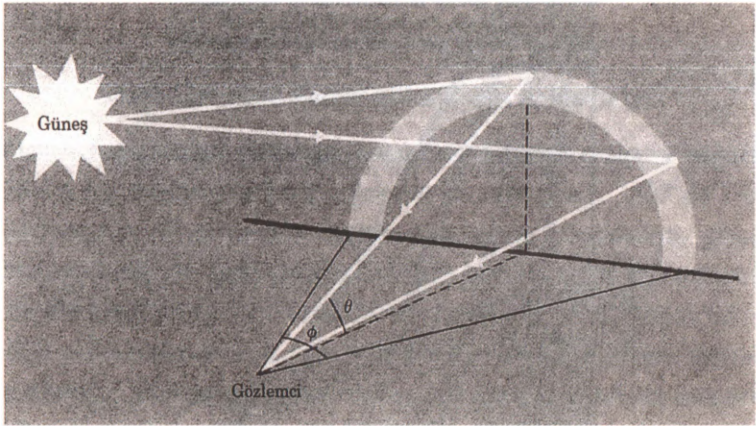
Kimi zaman asıl gökkuşağına, renklerin tersine sıralandığı ikinci bir kuşak eşlik eder. Theodoric damlanın içinde ikin-

ci bir iç yansımanın olabileceğini göstererek, bu kuşağın nasıl oluştuğunu ve neden renk dizilişinin ters olduğunu açıklayabildi.

Gökkuşağı renklerinin kırılma ve içten yansımadan kaynaklandığı gösterilmiş, ışığın damla içinde izlediği yol deneyle açığa kavuşturulmuştu. Theodoric kuşağın yapısal özellikle-

Küresel damlada ışınlar. *De Iride*'nin Basel'de korunan elyazmasından, Universitäts-Bibliothek, F. IV. 30, fol. 21.

rini geometrik çözümlemeye tabi tuttu. İlk adım cam kürede ışığın izlediği yolların, gerçek yağmur damlasındakilerle aynı olup olmadığını belirlemekti. Başlangıçta Albertus'un düşüncesini kabul edebiliriz. Yağmur damlaları çok hızlı bir şekilde yere düşmektedir; dolayısıyla hızla birbirini izleyen sayısız damla bir çizgi, sayısız çizgi de bir düzlem oluşturur. Sayısız saydam küre durağan bir yağmur perdesi gibi tasarlanabilir. Öyleyse tek bir damlasına uyguladığımız düşünsel çerçeveyi, gökkuşağının genel yapısına da uygulayabiliriz.

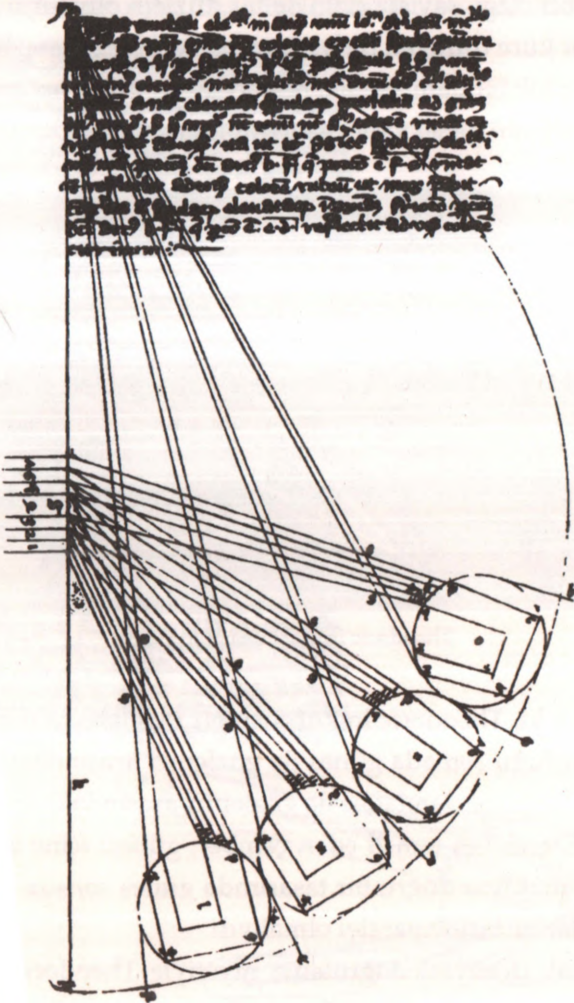


Theodoric'in açıklamasının çizimi.

Yazık ki, Theodoric'in kurgusu bir dizi hataya dayanıyordu. Kurduğu şemada güneş ile gözlemci arasındaki uzaklık, kabaca yağmur damlaları ile gözlemci arasındaki uzaklık kadardı. Damlaları temsil eden çember, güneşi içine alacak biçimdeydi. Oysa doğru bir tasarımda güneş sonsuz uzaklıkta ve ışınlar birbirine paralel olmalıydı.

Ancak deneysel doğrulama niyetiyle Theodoric kuşağın en yüksek açısını ölçtü. Theodoric bu açının 22° olduğunu söyler. Bu, şekilde gösterilen Q açısıdır. İşte bu görülmemiş

bir hatadır; çünkü gökkuşağı zirvesinin açısal değeri, şekilde gösterilenin yaklaşık iki katıydı. William Wallace, Theodoric'in hatasını açıklamak için bir ya da iki olasılık ileri sürüyor. Ancak sorunu ikna edici bir şekilde açıklamakta yetersiz kaldığını itiraf etmektedir. Theodoric, kuşağın yatay düzlem-



Damlaların değişen yüksekliklerine bağlı olarak renklerin ayrışması. *De Iride*, Basel elyazması, fol. 40.

deki açısal genişliğini, yani şekildeki Q açısını gerçek değerinin yarısı olarak verir. Belki de ölçme aletleri duyarlı değildi, ama bu da zayıf bir olasılıktır.

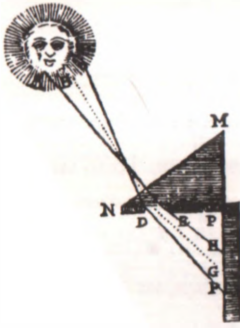
Son geometrik sorun, kuşağın neden çember yayı biçiminde olduğunu açıklamaktı. Theodoric'in çözümü gökkuşağının güneşin, yağmur damlasının ve gözlemcinin, hepsinin bir düşey düzlem içerisinde bulunmasına dayanıyor. Bu düzlem düşey eksende gözlemciye doğru döndürüldüğünde (belirli renkleri kırıp gözlemciye yansıtabilen aydınlatılmış damlalar alt alta dizildiğinden) gökkuşağı yay gibi görünecektir.

Theodoric'ten sonra gökkuşağı çalışmaları

Descartes'a kadar, gökkuşağı üzerine düzenli çalışma yapan başka bir düşünürle karşılaşmıyoruz. Descartes, 1637'de *Les Météores*'te, Theodoric'e hiçbir gönderme yapmadan, gökkuşağı fiziğiyle ilgili şaşırtıcı ölçüde benzer bir açıklama verir. Benzerlik yağmur damlalarını modellemek ve ışığın izlediği yolu bulmak için cam küreler kullanmaya kadar uzanmaktadır. Descartes'ın esin perisi hakkında kuşkuları artıran bir çalışma daha vardır: 1514'te Jodocus Trutfetter adında biri, Theodoric'in çalışmaları üzerine, yine onun çizimlerinin kopyalarını içerecek biçimde, bir yorum yayımlamıştı. Descartes büyük ihtimal Trutfetter'in yorumundan ya da benzer çalışmalardan habersiz değildi.

Yine de Descartes, Theodoric'in kuramına büyük bir katkıda bulunmuştur. Kuşağın maksimum yüksekliğinin neden 42° ya da o civarda bir açı yaptığını açıklamaktı bu katkı. Gözlemciye kırmızı görünen damlalar, mavi görünenlerden farklı bir yükseklikte olmalıdır. Çünkü, Theodoric'in bizzat gösterdiği gibi kırmızı veya mavi ışınlar farklı açılarda kırılırlar. Diyelim ki bir damlaya düşen olası tüm ışınların doğ-

rultularını bulacağız. Damla öyle bir konumda olsun ki, gözlemciye sadece kırmızı ışınlar ulaşabilsin. Descartes, Snell'in Kırılma Yasası'nı kullanarak, yolların 42° açıyla toplanma eğiliminde olduklarını gösterdi. Mavi ışınlar bu damlalarda belli belirsiz farklı bir açıyla kırılacaktır. Bu yüzden gözlemcinin gözünden kaçacaktır. Ama az ya da çok farklı bir noktadaki damlalardan kırılan mavi ışınlar, gözlemciye ulaşacaktır. Bu ışınlar hafif bir sapmayla farklı bir açıda demetler oluşturacaktır. Böylece gökkuşağı belirli bir genişliğe sahipmiş gibi görünür, mavi ve kırmızı kısımları birbirinden ayrı düşer.



Renklerin ayrışması için Descartes'ın geliştirdiği düzenek, *Metot Üzerine Konuşmadan*, Paris (1668), s. 371.

Ek okumalar

Grant, E. (ed.), *A Source Book of Medieval Science*, Cambridge, Mass., 1974 (*De Iride*'nin bazı kısımlarının çevirisini içeriyor).

Descartes, R., *Les Météores*, Discours VIII, *Discours de la Methode et les Essais*, Leyden, 1637.

Boyer, C. B., *The Rainbow: from Myth to Mathematics*, New York, 1959.

Crombie, A. C, *Augustine to Galileo*, New York, 1959, cilt I, s. 110-111.

Wallace, W. A., *The Scientific Methodology of Theodoric of Freibourg*, Fribourg, İsviçre, 1959.

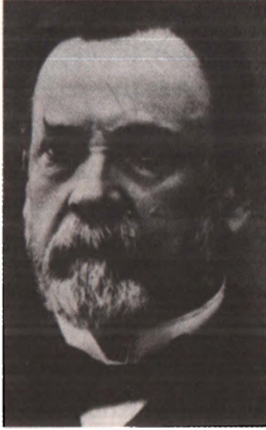
E

Bir Kazadan Yararlanmak

Bir olay üzerinde yürütülen çalışmanın düzenli olması, deneycinin iyi formüle edilmiş bir hipotezle işe koyulmasına ve deney sürecinde beklenen sonuçla ilgili açık düşüncelere sahip olmasına bağlıdır. Ama olur ya, bir kaza olur, hiç umulmadık, gizemli olgular çıkıverir karşımıza. Böyle kazalar kimi zaman bilimsel bilgilerin derlenip toparlanmasına, geride bırakılan birçok bilginin sil baştan gözden geçirilmesine yarar; ama bunu yapabilecek perspektife, geçmiş bilgileri yorumlayacak kurama sahip olan birisi işin peşini bırakmazsa... Louis Pasteur, hastalık taşıyıcıları etkisiz kılmanın yolunu arıyordu. Kaza eseri aradığını buldu. Ernest Rutherford tamamen atomik parçalanmayı arıyor değildi; ama hiç ummadığı halde, kendisine yol gösterecek çok anlamlı bir olguyla karşılaştı.

9. LOUIS PASTEUR

Yapay Aşının Hazırlanması



Louis Pasteur

Louis Pasteur 1822'de Fransa'nın Jura bölgesinde Dole'de dünyaya geldi. Babası Napolyon'un taarruz birliklerinde hizmet ettikten sonra dericilik işine girdi. Pasteur babasının bir tabakhane kiraladığı Arebeis'te büyüdü, eğitiminin büyük bölümünü Arebeis Koleji'nde sıradan bir öğrenci olarak sürdürdü. Şöhret tutkusu vardı; ama bunu çok çalışarak elde etti. Yüksek eğitimini sürdürmek için Paris'e gitti. Ne var ki güçlükle bir okula girdi. Lisansını Bescançon'da aldı ve sonunda *École Normale*'e girdi. 1846'da bitirme sınavını geçerek 1847'de doktorasını aldı. Bu sınavlarda gösterdiği yüksek başarıyla *École*'de laboratuvar asistanı oldu.

Pasteur'ün ilk çalışmaları bazı kristal yapıların optik etkinliği üzerineydi. Kimi kristal yapıların polarize ışığın düzlemini sağa veya sola döndürme yeteneği vardı. Pasteur, bu gücün kristallerin asimetrik geometrisinden geldiğini deneysel olarak gösterdi. Kristal yapısının moleküler asimetrinin bir gereği olduğunu düşündü. 1848'de Strazburg'a yardımcı

profesör olarak atandı. 1849'da Strazburg Akademisi rektörünün kız kardeşi Marie Laveur'la evlendi. Pasteur çiftinin beş çocuğu oldu; ama bunlardan üçü çocuk yaştayken öldü. Daha sonra, kristalografi çalışmalarından dolayı uluslararası çapta ün kazandı.

Kimyanın biyolojiye uygulanmasıyla ilgileniyordu. Bu da bir ölçüde onun, asimetri ile yaşamın ilintili olduğuna inanmasından kaynaklanıyordu. 1845'te Lille'ye gitti. O günlerde mayalanma mekanizmasına karşı ilgisi gelişmeye başladı. Her türlü mayalanma işleminin özünde bir mayanın olması gerektiği düşüncesinden hareket ederek, genel bir tohum kuramına ulaştı. 1857'de Paris'e, girmek için onca güçlük çektiği *École Normale*'e bilimsel çalışmalar yöneticisi olarak döndü.

Pasteur Paris'e varır varmaz bilimsel araştırmaları destekleyen kişilere başvurdu. Louis Napoleon (Napoleon III) ve imparatoriçenin yakın çevresindeki kişiler arasına girdi. İmparator ve imparatoriçenin tahttan indirilmesine karşı çıktı. 1860'ların başlarında Pasteur kendisini çeşitli tartışmalar arasında buldu. Kendiliğinden alevlenen bu tartışmalarda şu soruya yanıt aranıyordu: "Canlı biçimler, cansız maddelerden türeyebilir mi?" Örnekleri açıkça görülen bu olgunun, havada taşınan sporlardan kaynaklandığını göstermek için mayalanmayla ilgili bilgilerine başvurdu. Maya tohumları üzerine çalışma teknikleri, aynı zamanda hastalıkların nedenleri üzerine çalışmaya da uygulanabilirdi. İpekböcekçiliği endüstrisine zarar veren salgın hastalık üzerinde çalışmaya yöneldi.

1868'de sol tarafına inme indi. Bu durumda çalışmalarını sürdürebilmek için büyük bir yardımcılar ordusunu işe almak zorunda kaldı.

Hastalıklar üzerinde çalışmak, mayalanma tohumu kuramından hareketle hastalık mikrobu kuramını oluşturmak, Pasteur'ün son çabalarıydı. 1870 Fransa-Prusya savaşı ve

Komün döneminde Paris dışında kaldı. Şarap mayalama işlemi üzerine çalıştı. Paris'e dönüşünde insan ve hayvan hastalıklarının önlenmesine ve tedavisine ilgisi giderek arttı. 1874'de aktif öğretmenlikten çekildikten sonra dikkatini sıkça karşılaşılan bir soruna, şarbon hastalığına yöneltti. Kuduz gibi daha öldürücü hastalıklarla ilgili alt çalışmalarında ise araştırmanın gerektirdiği diri-açımlamaktan (vivisection) iğrendiğinden, giderek daha çok asistanın yardımına ihtiyaç duydu.

1886'da kalp krizi geçirdikten sonra sağlığı gittikçe kötüleşti. 1887'de bir kriz daha geçirdi. En son, 1895 yılında geçirdiği bir beyin kanamasından sonra iyileşmedi ve bu dünyadan ayrıldı.

Pasteur'den önce hastalık kuramı

1626'da J. B. van Helmont, hastalıkları yabancı varlıkların bedeni istila etmesinin bir sonucu olarak düşünmüştü. İstilacılar bir kez yerleşmeye görsün, bölgenin her şeyini kendi çıkarları için sömürüyorlardı. Kurban, istilacıların bıraktıkları zehirli atıklardan ötürü yaşamsal işlevlerini yerine getiremiyordu. Özünde bu kuram çağdaş yaklaşımın öncülüdür. Ama Helmont'un düşüncesi, 200 yıldan fazla bir zaman boyunca rakip kuramlarla, hastalıkları hastalanan organların kusurlu işleyişine bağlayan kuramlarla, bir anlamda bedenin kendi kendini zehirlemesine bağlayan kuramlarla yan yana yürüdü. Bazı durumlarda dışsal nedenler akla gelmişti. Ne var ki, bunlar genellikle yabancı ve düşman organizmalardan çıkan çok zehirli hava *(mal'arie)* gibi şeylerdi.

Kötü kokuların neden olduğu hastalıklar kuramı ışığında, 19. yüzyılın başlarında zaman zaman mıntıka temizliği yapıldı. Bunun dışında başarılı tek önleyici tedavi Edward Jenner'in geliştirdiği çiçek aşısıydı. Jenner çiçek hastalığının

ineklerde ve insanlarda benzer etkileri olduğunu gördü. Yalnız tek farkla, inekte çiçek hastalığı, Latince 'variola vaccinae' (*vacca*, yani inekten), insanların çiçek hastalığından daha hafif seyrediyordu.

19. yüzyılın ortalarında hastalıklar ile mikroorganizmalar arasında ilişki kurmak için yeterince delil vardı. Schwann ve diğerleri hasta insan ve hayvanlardan alınan çeşitli sıvılar üzerindeki mikroskobik incelemeler sayesinde, hastalarda görülen ama sağlıklı olanlarda görülemeyen özel mikrop biçimlerinin varlığını göstermişlerdi. Ancak eski düşüncenin savunucuları, bu mikropların bedenin kusurlu çalışması yüzünden oluşan düzensiz ortamın bir yan etkisi olduğunu söyleyerek itiraz ettiler.

Çağdaş hastalık bilgisine sıçramak için üç adım daha atılması gerekliydi. Öncelikle hastalıkların mikroorganizmaların saldırısı yüzünden ortaya çıktığı gösterilmeliydi. Bu adımın başarıya ulaşması için mikroorganizmaların kendiliğinden ürediği düşüncesinin terk edilmesi gerekiyordu. Üçüncü adımda Edward Jenner'in aşılama kuramını açığa kavuşturması ve genelleştirilmesi gerekiyordu. Bu adımların her birinde Pasteur'ün büyük yardımı oldu. Bu bölümde onun katkılarından yalnız biri, aşı üretim yönteminin bulunuşu ayrıntılarıyla anlatılacaktır.

Pasteur mayalanma işlemini çözmek için büyük zaman ve emek harcamış, mayalanmayı gerçekleştiren canlı organizmaların varlığına dikkat çekmişti. Mayalanma gerçekte her mayanın içindeki belirli organizmaların yaşam süreçlerinden başka bir şey değildi. Sonuçta Pasteur mayalanmanın tohum kuramını oluşturdu. Mayalanma işleminin kendiliğinden başlayamayacağı düşüncesinden hareketle, hastalıklara ilişkin mikrop kuramına ulaşmak zor değildi. Gerçekten Lister de, kendi açısından yaraların çürümesini bir tür mayalanma ola-

rak değerlendirmektedir. Lister'in antiseptik olarak karbolik asit kullanması, doğrudan doğruya bu düşüncenin bir uygulaması sayılır. Yine Lister, Pasteur tarafından yapılan bir maya tanımı ile kendisinin hasta hayvanların kanında bulduğu çubuk biçimli basiller arasında benzerlik kurmuştu. Davaine işte bu benzerlikten esinlenerek şarbon hastalığı ile ilgili araştırmalara girişmişti.

Artık bize yabancı gelen 19. yüzyıl ortalarındaki terminolojiyle işin içinden çıkabilmek için, mikrobik ve virüslü hastalıklar arasında o günlerde henüz yapılan ayrıma dönmek gerekiyor. Hastalıkların ortaya çıkmasında mikropların rolü olduğuna inananlar, mikrop barındıran hastalıklar ile diğerleri arasında bir ayrım yapmalıdır. Mikrop barındırmayan hastalıklardan, bazı zehirler veya "virüs"ler sorumludur. Ayrıca, suçiçeği gibi virüse bağlı hastalıklar bağışıklık sistemini uyarıyordu. Böylece hastalığı bir kez atlatan, aynı hastalığa yeniden yakalanmıyordu. Kısa zamanda "virüs" terimi, mikroplar da içinde olmak üzere, hastalık yapan her türlü unsuru kapsayacak biçimde genelleştirildi.

Pasteur'ün araştırmalarını anlayabilmek için, şaşırtıcı bir olguya daha değinmeliyiz. Tıp adamları nedeni ne olursa olsun, bir hastalıkta virüslerin hastalığa yol açma yeteneğinin (virülans) her zaman aynı olmadığını bilirler. Salgınlar gelmiş geçmiştir. Hastalıklar az ya da çok ciddi biçimlerde ortaya çıkmıştır. Değişik virülanslara ilişkin ilk sistematik açıklama, Pasteur'ün septisemi mikropları üzerine ilk çalışmalarında ortaya çıktı. Pasteur, septiseminin farklı "kültürler"de (laboratuvarda hazırlanan mikroorganizmalara verilen adla) farklı yayılma hızına sahip olduğunu gösterdi. Kim bilir, kültürlerde mikropları bu şekilde değiştiren bir şeyin olup olmadığını sormuştur kendi kendine.

"Virüsler"in zayıflamasının keşfi

Araştırmalarda tek bir deneyi yalıtmak ve buluşu incelemenin bir noktasına yerleştirmek çoğu zaman olanaksızdır. Burada anlatacağım çalışma, biri tavuk kolerası üzerine, diğeri şarbon üzerine iki büyük deneysel incelemeye dayanıyor. Bunlar birbirinden bağımsız değildi. Sonuca ulaşmak için her ikisinin de yapılması gerekiyordu.

Tavuk kolerası, kümes hayvanları arasında görülen ve tez ölüme götüren salgın bir hastalıktır. Hastalık çok belirgin belirtilerle birlikte ortaya çıkmaktadır. Kanda oksijen eksikliği, sersemlik, ibiğin kırmızı rengini yitirmesi başlıca belirtiler arasındadır. Hastalığın ilerleyen evrelerinde ölümcül bir oksijen açlığı görülür. Toussaint hasta kuşların kanlarında kolayca belirlenen ve belirgin özellikleri olan bir mikrobun tavuk kolerasıyla ilişkili olduğunu göstermişti. Pasteur, mayalanmanın ve hastalığın mikroorganizmalarca oluşturulduğu genel tezine uygun olarak, mikroorganizmaların saf kültürde yalıtılmasını sağlayacak bir deney programı hazırladı. Sonra elde edilen ürünü tavuklara şırınga ederek, tavuk kolerasına mikroorganizmaların yol açtığını kanıtladı. Tavuk suyunu uygun bir ortam haline getirerek, mikrobu üretebiliyor ve art arda gelen günlük kültürlerde mikrobun virülansını koruduğunu gösterebiliyordu.

Pasteur, 1879 yılının Temmuz ile Ekim ayları arasında dinlenmek üzere köyü Arbois'e gitti. Ama laboratuvarında kolera mikrobu bulaştırılmış son tavuk suyu kültürlerini ardında bıraktı. Ekimde geri döndüğünde kültürler hâlâ oradaydı. Böylece eski kültürleri yeni tavuklara şırınga ederek tekrar deneylere koyuldu. Ama hiçbir şey olmuyordu. "Talih ancak siz hazırsanız yardım eder," der, Pasteur. Bu durumda da kesinlikle öyle oldu. Eski kültürleri şırınga ettiği tavuklarla ve taze kültürlerle deney programını yeniden uygulamaya koydu. Bu tavuklar hastalanmadı. Pasteur bunu doğru yorumla-

makta gecikmedi. "Virüsler"i yapay olarak zayıflatmanın bir yolunu bulmuştu.

Pasteur, buluşunun duyurulmasında kurnaz davrandı. Aşağıdaki alıntıda kazaya hiç değinilmemiştir: "... sadece parazit yetiştirme işlemini değiştirerek, birbirini izleyen döllemeler arasına oldukça büyük zaman aralıkları koyarak, virülansı adım adım azaltacak bir yöntem bulduk. Sonuçta öldürücü hastalıktan koruyan, ama ılımlı bir hastalığa yol açan bir virüs elde ettik."



Pasteur laboratuvarında çalışırken.

Şimdi yapılacak çok iş vardı. Öncelikle mikrobun zararsız hale gelmesi için gereken sürenin tespit edilmesi gerekiyordu. Bu da çeşitli zaman aralıklarıyla bekletilmiş kültürlerle çalışmak anlamına geliyordu. Zaman ile virülansın azalması arasında bir ilişki olduğu anlaşıldı. Bir ayı aşkın aralıklarla ekilen kültürler arasında zayıflama gözlenmedi. Fakat bundan sonra, zaman aralıkları uzadıkça zayıflama arttı. Pasteur

sorunu tam anlamıyla aydınlığa kavuşturmak için, virülansı ölçmenin bir yolunu geliştirmeliydi. İki ayrı kültür dizisinin göreli virülansını (yaratıklar aynı tarzda ve aynı koşullar altında bulaştırıldığında) yol açtıkları ölüm sayısı oranına göre tanımlayarak, bir virülans değeri elde etti.

Ardından zayıflama mekanizmasının aydınlatılması gerekiyordu. Pasteur uzun zamandır mayalanmada oksijenin rolü olup olmadığını merak etmişti. Mikropları ya da ortamı tazelemeden, kültürün ömrünün ve mikropların oksijene gösterdiği direncin bir ölçüsü olabileceğini düşündü. Çeşitli kaplar tavuk suyu, taze virüsler ve az havayla doldurulup beklemeye bırakıldı. Sıvılardaki gelişme birkaç gün sonra durdu. Benzer kültürler açık kaplarda da hazırlanmıştı. Kapalı şişede korunan kültürün zararsız hale gelebilmesi için iki ay geçmesi gerekiyordu. İki ay sonra açılan şişedeki kültür uzun hareketsizliğine karşın, kuşlara bulaştırıldığında "virülansının, şişeye doldurulduğu zamandan beri aynen korunduğu görüldü. Açık havada yetiştirilen kültürlerse, ya ölü bulundular ya da virülans koşullarını bir ölçüde yitirmişlerdi."

Peki mikropları böylesine zayıflatan şey neydi? Pasteur bunu çözemedi. "Her ne kadar bazen böyle ilişkiler [morfolojik ayrımlar ve farklı virülans biçimleri arasındaki ilişkiler] ortaya çıksa da, virüsün küçük olması yüzünden, mikroskopla bakıldığında gözden yiterler."

Aşının hastalık virüsü ile ilişkisi artık çok açıktı: "... aşının [çiçek hastalığıyla] ilişkisi hakkında tartışmalar sürerken, biz tavuk kolerasının zayıflatılmış virüsünün, yine bu hastalığın çok güçlü virüslerinden elde edildiğinden ve bir virüs biçimini doğrudan doğruya başka biçime dönüştürebileceğimizden emindik. Her ikisinin de doğası özünde aynıydı."

Zayıflatmanın bulunuşu, kendini hazır duruma getirmiş akla, talihin yardımı sayesinde gerçekleşmişti. Ama diğer araştırmalar tümüyle Bacon'ın önerdiği yolda ilerliyordu. Za-

man ile zayıflama arasında bir ilişki vardı. Ne var ki, görünüş itibarıyla zaman olan etmen, aslında neydi? Pasteur bu soruya hiçbir zaman doyurucu bir yanıt veremedi.

Sonraki gelişmeler

Bu sonuçların genelleştirilmesinin ve aşıların hasta insanlara yapılacak düzeyde uygulamaya konulmasının olağanüstü öyküsünde, Pasteur başrolü oynuyordu. Pasteur'ün daha sonraki iki önemli çalışması, yani şarbon aşısının geliştirilmesi sayesinde hastalığın nasıl yayıldığını bulması ve kuduz üzerine son çalışmaları, bilim açısından öykünün en heyecanlı kısımlarını oluşturuyor.

Bu araştırmaların en dikkate değer yanı, Pasteur'ün, karmakarışık empirik zorluklar cangılında, kuram rehberliğinde yolunu bulmuş olmasıdır. Mikroorganizma biyolojisi açısından, ev sahibinin tamamen başka bir ortam olduğu konusunda Pasteur son derece açıktı. Kolera mikroplarının üremesine elverişli ortam tavuk suyu ya da tavuğun kendisiydi. İkisi arasında özel bir ayrım yoktu. Her ikisinde de mikrop büyür, gelişirdi. Bu yüzden farklı hayvan türleri "virüsler"in zayıflaması için olası bölgeler olarak düşünülebilirdi.

Şarbonun bir mikropla ilgili olduğu düşünülüyordu. Ancak bu durumun keşfiyle, Toussaint, yanlışlıkla mikropları süzerek tümüyle kimyasal bir aşı geliştirmeye çalıştı. Pasteur, dondurulmuş tavuklar üzerinde yapılan basit bir deneyden hareketle, bir kültür içindeki mikrobik etkinliğin kimyasal yan ürünlerinin değil, bizzat mikropların hastalık belirtilerine yol açtığını gösterdi. Böylelikle şarbon basillerini zayıflatmanın zorluğu ortaya çıktı; çünkü dirençli basiller sporlar oluşturarak kendilerini fazla oksijenden, ısıdan ve benzer etmenlerden kolayca koruyorlardı. Fakat Pasteur, şarbon kültürünün ısıtılmasını dikkatle kontrol ederek, sporların oluşumunu önleyebileceğini keşfetti. 42°C ile 44°C arasında

sporlar oluşmadı. Herhangi bir hata kabul edilemezdi; çünkü 45°C'de mikroplar ölüyordu. Deney son derece narin bir alanda gerçekleştirilmesine rağmen sonuçlar yeterince fikir veriyordu. Zaman tekrar devreye girdi ve yalnızca sekiz gün sonra tam bir zayıflatma gerçekleştirildi. Pasteur'ün bunları kamu önünde sınayabilmesi için büyük Pouilly-le Fort testi düzenlenmişti.



Pouilly le Fort'taki büyük şarbon deneyi. A. Gançon'a ait çağdaş bir gravür. Musée Pasteur, Paris.

Bir zamanlar Pasteur'ü eleştiren A. M. Rossignol, organizasyonu üstlendi. 5 Mayıs 1881'de yirmi dört koyun, bir keçi ve altı sığıra, zayıflatılmış şarbon kuşağı aşılandı. 31 Mayıs'ta bu hayvanların yanı sıra yirmi dokuz hayvana zayıflatılmamış bir kültür enjekte edildi. 2 Haziran'da aşılanmış hayvanların tümü sapasağlamdı. Daha önceden aşılanmamış koyunların tümü ölmüş, sığırlarınsa, hepsi hastalanmıştı.

Sonuç Pasteur için tam bir zaferdi. Fakat işlerinin hızla Fransa ve İngiltere'ye yayılmasına, "fabrika"sının aşıyı büyük

ölçeklerde üretmesine karşın, Pasteur, apaçık başarısı karşısında zıvanadan çıkan Alman meslektaşı Robert Koch'un hışmına uğradı. Ancak, Alman çiftçilerinin baskısı sonucunda Alman Tarım Bakanlığı aşıyı kullanmaya ikna edilebildi.

Kuduza gelince, o sadece çok tehlikeli bir hastalık olmakla kalmıyordu. Kuduzun nedeni, bildiğimiz gibi, -kelimenin şimdiki anlamıyla- bir virüstü. Bu yüzden daha zayıf bir soy yetiştirmek için depolanacak organizmaları mikroskobik olarak saptama şansı yoktu. Ama Pasteur önemli bir şeye dikkat etmişti: Hastalık önce sinir sistemine saldırıyor ve kurbanın beyninde açıkça belirlenebiliyordu. Hayvanların 'biyolojik ortam' olduğu biçimindeki temel düşüncesine dönerek bir omurga kemiğini kültür ortamı olarak kullanmaya karar verdi. Hastalık tavşanlara bulaştırılarak, onların gizemli organizmalarca istila edilmiş omurga kemikleri elde edilebilirdi. Tavşanlardan bu şekilde elde edilen örnekler steril atmosferde bırakılmış ve yavaş yavaş kurutulmuşlardı. Kemiklerin suyundan yapılan hamurlar aracılığıyla hastalık bulaştırılan hayvanlarda kudurma oranı giderek azaldı. Burada da zayıflama tümüyle zamana ve doğru ortamın seçimine bağlıydı. Sonuçta efsanevi olay meydana geldi. Pasteur kuduz bir köpek tarafından ısırılan çocuğu aşı olmaya ikna etti, mucize gerçekleşti, çocuk kurtuldu.

Ek okumalar

Pasteur, J. J., "Attenuation of the Virus of Chicken Cholera" *Chemical News*, 43, 1881, s. 179-180 (orijinal olarak *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 91, 1880'de yayımlanan makalenin çevirisi).

Suzor, J. R., *Hidrophobia: an Account of M. Pasteur's System*, Londra, 1887.

Cuny, H., *Louis Pasteur: The Man and his Theories*, Londra, 1965.

Dubos, R., *Pasteur and Modern Science*, New York, 1960.

Winner, H. I., *Louis Pasteur and Microbiology*, Londra, 1974.

10. ERNEST RUTHERFORD

Elementlerin Yapay Dönüşümü


Ernest Rutherford

Ernest Rutherford 1871'de Yeni Zelanda'nın Nelson şehrinde İskoçyalı bir babadan ve İngiliz bir anneden dünyaya geldi. Babası küçük çapta bir çiftçi ve bir çeşit genel mühendisti. Annesi öğretmendi. Ortaokul eğitimi için Nelson Koleji'nden burs kazandı. Okulda, özellikle matematikte çok başarılıydı. Başka bir burs onu Christchurch'deki Canterbury Koleji'ne götürdü. Ardından 1889'da Yeni Zelanda Üniversitesi'nde yüksek lisans eğitimini sürdürdü. Matematik ve matematiksel fizik dallarını birincilikle bitirdi.

Daha üniversite öğrenciliği yıllarında mıknatıslanma konusunda araştırma çalışmalarına başlamıştı. 1894 ve 1895'te radyo dalgalarını saptayan bir dedektör geliştirdi. 1895'te Cavendish Laboratuvarı'nda J. J. Thomson'un yanında çalıştı. Cambridge için bir (1851 exhibition) burs kazandı. Cambridge'teki ilk çalışmalarını, Thomson'la birlikte X ışınlarının iyonlaşma etkileri üzerine yaptı. Sonra 1898'de, radyoaktivite olgusunun

araştırılmasına, basit maddelerin doğal parçalanması sırasında ortaya çıkan radyasyon yayılması konusuna döndü.

1898'de Montreal'deki McGill Üniversitesi'nde, kendisine fizik kürsüsü önerildi. Bu sayede hem kendisine ait bir laboratuvara hem de Christchurch'te nişanlandığı Mary Newton ile evlenmek için gereken ekonomiye kavuştu. Burada, tuhaf bir insan olan Frederick Soddy ile ortak çalışmalar yapmaya başladı.

Rutherford, 1902'de Soddy ile radyoaktivitenin atomik parçalanma kuramını formüle etti. 1903'te Royal Society üyesi seçildi. 1904'te Rumford Madalyası'na layık görüldü. 1907'de Manchester Üniversitesi'ne fizik profesörü olarak döndü. Hemen etrafında yetenekli gençlerden oluşan bir grup toplandı. 1908'de Nobel kimya ödülü aldı. 1909'da Geiger ve Marsden'le birlikte, ağır çekirdek ve onun yörüngesindeki elektronlardan oluşan bir atom modeli kurmayı hedefleyen deneysel çalışmayı sürdürüyordu. Bu keşif ilk başta fazla önemsenmedi. Ancak Bohr, temel parçacıklar ve karşılıklı etkileşimlerinden hareketle kuantum kuramının taslağını çıkardığı sırada, onunla Rutherford arasında oldukça verimli bir işbirliği başladı.

Birinci Dünya Savaşı sırasında denizaltı tarama sorunu üzerine çalıştı. Bu arada kendi asıl araştırmalarına devam ediyordu. Bu bölüme konu olan deney 1919 yılında yapıldı. Rutherford bu deneyle elementlerin yapay parçalanması ve onların zorunlu dönüşümlerini keşfetti. Son olarak 1919'da J. J. Thomson'un ardından Cavendish Laboratuvarı'nın yöneticisi olarak Cambridge'e döndü. Chadwick ile yapay parçalanma üzerine sistematik çalışmalar yaptı. Oliphant ve Hunter ile birlikte ilk nükleer fizyonu gerçekleştirdi; yani hafif atomları bir araya getirerek daha ağır atomların oluşmasını sağladı.

1925'de liyakat nişanına layık görüldü ve 1931'de Lord unvanı aldı. 1937'de Cambridge'te öldü.

Rutherford'un deneyinden önceki düşünceler

Elementlerin dönüşümü probleminin tarihini irdelerken, "element" sözcüğünden ne anlaşıldığı önemli bir yer tutar. Eski Yunan'da, bilindiği gibi bileşiklerle elementler arasındaki fark belirgin değildi. Tarihsel olarak en önemli ayrım daha çok metaller ile ametaller arasındaydı. Ama bir elementler öğretisi vardı. Yunanlılar yerkabuğunu maddeler, organik maddeler, taşlar gibi aşina maddeleri oluşturan temel ilke olarak düşünüyorlardı. Bu elementler ya da ilkelerden dördünün (toprak, su, hava, ateş) değişik şekillerde bir araya gelerek farklı farklı maddeler oluşturduğu düşünülüyordu. Bu ilkeler yok edilemezdi. Eski Yunan'da birçok bilimadamı dört ilkenin birbirine dönüşmediğini düşünüyordu.

Bununla birlikte, İskenderiye'nin, Akdeniz dünyasının bilim kültüründe egemen olmasından itibaren, yaklaşık MÖ 300'lü yıllarda, gittikçe artan sayıda doğabilimleri meraklısı, sıradan tözlerin birbirlerine dönüştüklerini düşünmeye başladı. Besin ete, buz suya, maden filizi metale dönüşebilirdi. Genel tecrübeyle yerleşmiş olan bu fikir bütün tözleri, metalleri de kapsayacak şekilde genelleştirildi. Böylece yerinde müdahalelerle kurşun ya da kalay gibi metaller, altın, demir ya da başka herhangi bir şeye dönüştürülebilirdi. Bu projenin çifte anlamı vardır. Burç işaretleri ile ilgili olarak metaller astrolojik kuramlarla ilişkilendirilmişlerdi. Her metalin kendine özgü güçleri olduğu düşünülüyordu. Böylece altın, en mükemmel olduğu düşünülen metal olarak, yararından öte, zamanın ekonomik sistemi içinde önem kazanmaya başladı. Sıradan metalleri altına dönüştürmek sadece ekonomik bir avantaj sağlamakla kalmayacak, aynı zamanda diğer mü-

kemmel tözlerin yaratılması için teknik olanaklar bulunacaktı, mükemmel ilaç *panacea* da bu gelişmeden payını alacaktı.



Simyacı, Thomas Wijk (1616-77). Dr. Alfred Bader Koleksiyonu.

Bu geleneğe bağlı kimyacılar, metallerin de, diğer bütün tözler gibi, dört farklı elementin değişik oranlarda birleşmesinden oluştuğunu düşünüyorlardı. Eğer daha temel tözlerdeki oranları bulabilirlerse, dengeyi bozan elementlerden ekleyip çıkararak tözü değiştirebileceklerine inanıyorlardı. Eğer



Marie ve Pierre Curie laboratuvarlarında çalışırken.

kusursuz dengeyi yakalarlarsa altın oluşturacaklarına inanıyorlardı. Bazı oranların matematiksel şıklığına inanılıyordu. Doğal sayı dizilerinin basit özelliklerinden türetilen sihirli kareler gibi matematiksel kuramlar vardı. Tabii imkânsızı başarmaya çalışan simyacılar, bu arada birçok yararlı kimyasal tepkimeler ve işlemler keşfettiler.

Bugün doğanın temel sıradan tözleri olarak düşünülen elementlerin dönüştürülmesi düşüncesi, Rönesans ve 19. yüzyılın sonları arasında saygınlığını yitirdi. Gelişmenin kesin hikâyesi ve bu fikrin yayılması pek bilinmiyor. Tözlerin temelde benzeşen parçacıklardan oluştuğuna inanan Robert Boyle gibi 17. yüzyıl bilimadamlarının, simya kuramlarını ve dönüştürme çabalarını küçümsemekle birlikte, dönüştürme düşüncesiyle bir alıp veremedikleri yoktu. Her şeye rağmen, Boyle bir tözü temel parçalarına ayırıp, sonra onları yeni bir düzene göre bir araya getirebilseydi, bir tözü diğerine dönüştürmüş olacaktı. Tarihsel gelişimi ne olursa olsun dönüşümün imkânsızlığı inancı, 19. yüzyılın sonlarına kadar etkisini sürdürdü.

Rutherford'un ilk katkısı, radyoaktivite kuramıydı. Becquerel, bazı minerallerin ışıldama yapan ve fotoğraf tabakasını karartan ışınlar yaydığını fark etmişti. Curieler aktif bileşenleri minerallerden soyutluyorlardı. Ne var ki radyoaktivite kuramı ilkeldi. Çoğu bilimadamı bunu bir ışıldama biçimi, ışık üreten kimyasal bir tepkime olarak düşünüyordu. Sadece Rutherford radyoaktif madde ışın yayarken, temel bir sürecin nasıl işlediğini anlamışa benziyordu. İleri sürdüğü bir varsayıma göre, ışınların kaynağı, atomların kendi kendilerini parçalamalarıydı. Parçalanma, atomun daha küçük atomlara bölünmesine yol açıyordu. Bu atomlar da zorunlu olarak maddeleri oluşturuyordu. Bu düşünce, bir ağır metal olan radyumun nasıl ana maddelerden geçerek, kendisinden daha hafif bir metal olan kurşuna dönüştüğünü açıklıyordu. Şimdilik bilinen, bu parçalanmanın sadece ağır elementlerle sınırlı kaldığı ve kendiliğinden olduğuydu.

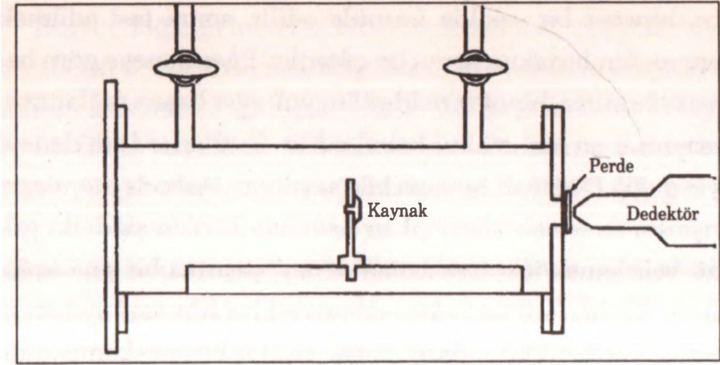
Bir elementin ilk yapay dönüşümü

Bilimadamlarının hipotezlerini doğrulamak için deney yaptıkları konusunda yaygın bir söylence vardır. Buna göre, ilk

önce, hipotez bir şekilde formüle edilir, sonra test edilmek üzere ondan birtakım sonuçlar çıkarılır. Eğer deneye göre başarısız olunursa, hipotez reddedilir; yok eğer başarı sağlanırsa, varsayım o an için makul kabul edilir. Rutherford'un deneyi böyle değil. Doğrusu, sınama bile sayılmaz. Aslında atomların ayrışması sırasında açığa çıkan ürünlere iletilen şiddetin gücünü belirlemek için tasarlanan deney, şaşırtıcı bir şeyi açığa çıkardı. Rutherford'un beklenmeyen etkiye hipotezi uydurma becerisi vardır: Daha önce doğal radyoaktivite konusunda sunduğu fikirlerden çıkan ve onları geliştiren hipotez gibi...

Asıl deney, bir alfa parçacıkları kaynağı; ağır atomların parçalanmasından doğan genel ürünler (şimdi helyum atomunun çekirdeği olduğu biliniyor); içine gaz ya da durdurucu güçlerin sokulabileceği bir oda; parçacıkların odadaki gaz boyunca geçtiğini ya da alfa parçacıkları ile gaz molekülleri arasındaki çarpışmadan yayıldığını anlamak için bir ekran gerektiriyordu.

Aygıt, alfa parçacıkları üretmesi için bir Radyum-C kaynağı ile donatılıp hava ile doldurulunca, ekranda kaynaktan gönderilen "alfa parçacıklarının eriminin ötesinde ışıldamalar" görüldü. İlk bakışta bunlar Rutherford'a "hidrojenin içinden geçen alfa taneciklerinin ürettiği hızlı hidrojen atomları" gibi göründü. Bir alfa parçacığı bir hidrojen atomuna çarptığında, onu çok yüksek bir hızla ve uzun bir erimle fırlatacak bir "itiş" veriyordu. Azot dışında, havayı oluşturan bileşenlerden oksijen ve karbondioksit aygıta konulduğunda uzun erimli parçacıkların oluşturduğu ışıldamalar çok düşüyordu. "Bununla birlikte, kuru hava konulduğunda çarpıcı bir sonuç gözlendi." Uzun erimli ışımalar azalacağına, büyük miktarda arttı. Bunların erimi 19 cm'ye kadar ulaşıyordu. Bu neden olabilirdi?



Deney düzeneği.

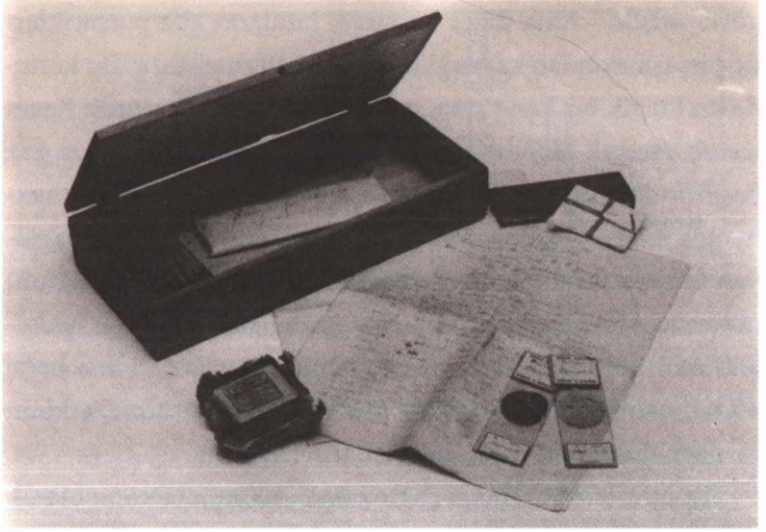
Rutherford bunu yanıtlayabilmek için, uzun bir yan deneyler serisine başladı. Her deney bu gizemli, hızlı parçacığın olası kaynaklarını ortadan kaldırmaya yönelikti. Alfa parçacıklarıyla çarpıştığı için oluşmuş bazı hızlı oksijen ve nitrojen atomları vardı. Ama bunların erimleri yalnızca 9 cm idi. Oda ile dedektör perde arasına 9 cm'lik hava katmanından daha fazla durdurma gücü olan bir ekran koymasına karşın, gördü ki, "bu atomlar tamamen durmuyor". Özenle kurutulmuş havadan da aynı sonucu alınca, Rutherford anormal etkinin su buharından kaynaklanmadığını düşündü. Aynı şekilde, iyice süzülmüş hava da aynı etkiyi yapınca, buna toz parçacıklarının da sebep olmadığı anlaşıldı. Eğer bu, havadaki nitrojenden kaynaklansaydı, dışarıdan nitrojen eklendiğinde, bir şekilde, bu uzun erimli parçacıkların üremesi devam etmeliydi. Tam da böyle oldu işte. Açık havada %80 oranındaki nitrojen, %100'e çıkarıldığında beklenen düzeyde artış oldu.

"Böylece elde edilen sonuçlar havadan elde edilen uzun erimli ışıldamaların nitrojen yüzünden olması gerektiğini

göstermiştir." Ama diğer basamak bunların alfa parçacıkları ile çarpışmasından kaynaklandığını göstermektedir. Bu konuda en küçük bir kanıt olsa, yukarıdaki varsayılabilirdi. Kesin sonuç verecek bir test, gaz basıncını değiştirmekti. Eğer gaz basıncındaki düşme ile doğru orantılı olarak ışıldamalar azalıyorsa, bu iyiye işaret demekti. Rutherford, ışıldamayı sağlayan fırlatılmış atomların, fırlatan atomlarla orantılı olduğunu gösterdi. Alfa parçacıkların kaynağından daha uzak bir hedefteki moleküle çarpıldığında fırlatılan parçacık da buna bağlı olarak daha uzağa gidecektir. Bu basit akıl yürütme, etkinin çarpışmalardan kaynaklandığını gösteriyordu.

Hipotez-test basamağı çoğu zaman bilimin tamamı olarak nitelendirilir. Ama söz konusu çalışmada bu en son basamaktı. Etkinin sağduyulu değerlendirmelerinden çıkarılan kanıt, uzun erimli ışıldamaların nedeninin hidrojen atomları olduğuna; bunların, yapay parçalanmalarının ürünü olarak *nitrojen atomlarından gelmiş olması gerektiğine,* geride daha hafif bir elementin dönüşmüş atomlarının kaldığına işaret ediyordu.

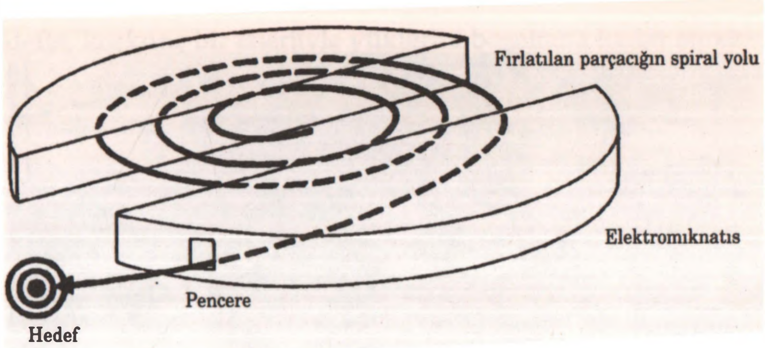
Ama öncelikle uzun erimli parçacıkların gerçekten de hidrojen atomları olduğu kesin olmalıydı. Bir manyetik alan içerisinde saptırılan hareketli parçacıkların derecesi, yükün kütleye oranı ile orantılıdır. Yükün kütleye oranı bazı atomlarda çok belirgindir. Öyleyse uzun erimli parçacıklar, benzer şekilde hazırlanan eşit miktarda hidrojen atomları ile aynı manyetik alan tarafından saptırılıyorsa, bunların gerçekten hidrojen atomu olduğu söylenebilirdi. Rutherford, deneylerden bir kanıt olarak memnun kalmasına yetecek sonuçlar almasına rağmen, sayılar beklediğinden daha küçük çıkıyordu. Ama tüm sonuçlar bir araya geldiğinde, uzun erimli parçacıkların ne olduğu hemen hemen kesinlik kazanıyordu.



Yeni keşfedilmiş bir bilim dalında, garip ve pratik uygulanmalarda kullanılan bir radyoaktivite seti. Oxford Üniversitesi Bilim Tarihi Müzesi.

Şimdi deneyin yorumuna gelelim. "Diyebiliriz ki, nitrojen atomu, hızlı α-parçacıkları ile yakın çarpışma sonucunda gelişen yoğun kuvvetler altında parçalanıyor ve serbest kalan hidrojen atomu da, nitrojen çekirdeğinin bileşenlerinden birini oluşturuyor," diyor Rutherford (s. 586). Ama bu yorum sadece etkinin bir *ad hoc* açıklaması ya da 'gereğinin yapılması' olarak geçiştirilmemelidir; halihazırda iyi kurulmuş kuramların doğal bir uzantısı olarak görülebilmelidir. Rutherford, bu yeni etkinin nasıl yerli yerine oturduğunu anlatarak devam eder.

"Ortaya çıkan güçlerin muazzam şiddeti göz önüne alınınca, α-parçacıkları bileşenlerine ayrılmaktan kurtulurken, nitrojen atomunun parçalanması pek şaşırtıcı değildir." Gerekli donanımla oynayarak Rutherford nitrojenden başka bir elementi, hidrojeni elde etmişti.

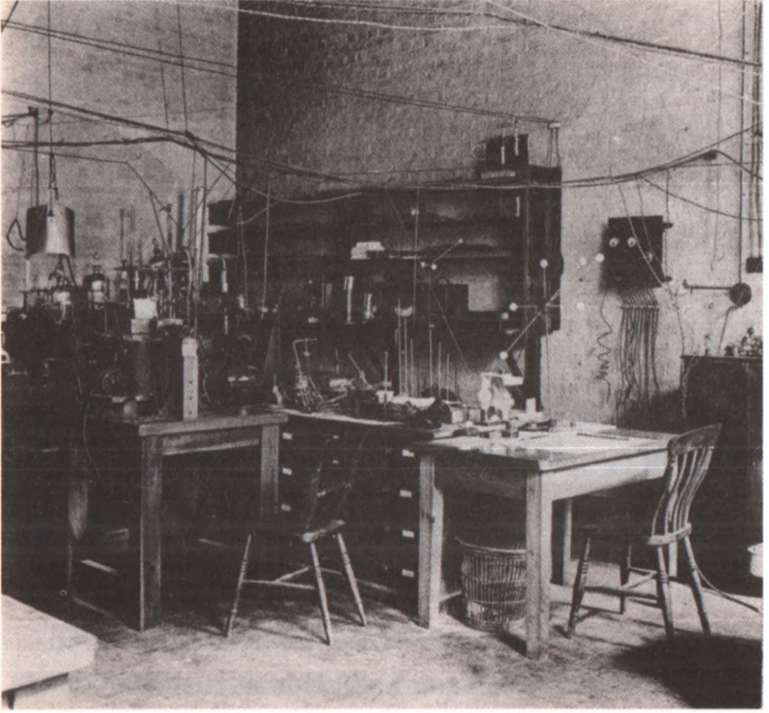


Hızlandırıcıda ışının izlediği yol.

Kendine özgü bir önsezi ile bugün hâlâ nükleer fiziğe hâkim olan araştırma programını önermeye devam etti Rutherford. "...eğer daha büyük enerjili α-parçacıkları ya da benzer fırlatıcılar deneylerde kullanılabilseydi, daha hafif atomların çekirdek yapılarını parçalamayı da umabilirdik.

Rutherford'tan sonra nükleer araştırmalar

Bu program iki şekilde yürütülebildi. 1930'lara kadar kozmik ışın denilen yeni bir ışın bulundu. Bunlar, çok büyük enerjiyle, uzaydan atmosfere giren parçacıklardı. Atmosferin yoğun, ağır kısmının üzerine çıkarılan balonlardaki fotoğraf tabakalarını kozmik radyasyona maruz bırakarak, hava atomları ile oldukça güçlü bu fırlatıcılar arasındaki çarpışmaları kaydetmek mümkün oluyordu. Sıradan atomların bileşenleri olduğu tahmin edilen çeşitli yeni parçacıklar bulundu. Ama bu teknik, gerçekleştiğinde verimli olmasına rağmen başarıya ulaşması rastlantıya bağlıydı. Uzun süre kozmik ışın çarpışmasının yolunu gözleyebilirsiniz; ne var ki beklediğiniz gerçekleştiğinde, bu istediğiniz kadar enerji yüklü olmayabilir.



Rutherford'un Cavendish laboratuvarındaki araştırma odası, Cambridge.

İkinci gelişme yapay hızlandırıcılarının tasarımı ve yapımıydı. Temel ilke basittir: Elektron ya da proton gibi yüklü bir parçacık, uygun polaritedeki bir elektrik alanı tarafından çekilir ve böylece hızlandırılır; parçacık bir diğerine geçtiğinde, kapanan bir dizi elektrik alan yaratılır ve böylece bir ivmelenme sağlanır. Donanımı daha bütünsel yapabilmek için diğer bir etki sık sık uygulanır. Yüklü parçacıklar bir manyetik alan içerisinde eğri bir yol çizerler. Uygun manyetik alan düzenlenerek, bir parçacıklar demetine, spiral ya da dairesel yörüngesinde, milyon kez döndürülebilir ve bu işlem bir he-

defte, korkunç bir enerjiyle yüklerini boşaltana kadar sürebilir. Bu makinelerle atom çekirdeğinin yapısı hakkındaki araştırmalar keşfi son yıllarda büyük başarılarla devam etti.



Cenevre'deki CERN hızlandırıcısının içinde bulunan tünel. Daire şeklindeki mıknatıs hattı görülüyor. Dairenin yarıçapı 6,9 km.

Bazen, bilimin bilgi toplamadığı, bir dünya görüşünden ötekine yalpaladığı söyleniyor. Kısa vadede bu pek doğru görünmüyor.

Rutherford'un, Thomson'un gaz yükü boşaltımına ilişkin yorumunu genelde kabul etmesi, bu deneyin gerçekleşmesini sağlamıştı. Karmaşık atomik yapıların parçacıklarla çarpışması nedeniyle beklenmedik etkiler açığa çıkıyordu. Elektrik

yüklü atomaltı parçacıklarına ilişkin bir düşüncesi olmasaydı, Rutherford bu keşfi yapamazdı.

Ek okumalar

Rutherford, E., "The Collision of α-particles with Light Atoms", *Philosophical Magazine*, 6. seri, cilt 37, 1919.
Andrade, E. N. da C, *Rutherford and the Nature of the Atom*, Londra, 1964.
Schonland, B., *The Atomists, 1805-1933*, Oxford, 1968, 7. Bölüm.

F

Anlamsız Sonuçlar

Bir dizi deney yapılır da, sonuç alınmazsa ne olur? Anlamlı olabilecek hiçbir sonuç vermeyen deneylerden söz edince akla ilk önce A. A. Michelson ile E. W. Morley'in yaptığı deneyler geliyor. Bu iki bilimadamının yaptığı deneylerden geriye, ölçülebilir sonuç vermeyen bir işlem kaldı. Belki deneysel işlem bir etki uyandırmış, ama ilk önce yapılan işlemlerin etkisini dengeleyen başka bir etki doğmuştu. Bir varsayımı sınamak için, kimi zaman böyle dengeler kurmaya yönelik deneyler yapıldığı görülmüştür. Peki ya sonuç vermesi beklenen bir kuram sadece yanlış olmakla kalmayıp, kavramsal olarak da uyumsuzsa? Bu bölümde anlatılan deneyin sonuçlarına iki tür açıklama getirilmişti. Sonunda ikinci türden bir açıklama, anlamsız sonucu bir yerlere oturtmanın en iyi yolu gibi göründü.

11. A. A. MICHELSON VE E. W. MORLEY

Dünyanın Hareketini Saptamanın Olanaksızlığı



A. A. Michelson



E. W. Morley

Albert Abraham Michelson, 1852'de Prusya'da, Strelno'da doğdu. Babasının maceraya düşkün bir kimse olduğu sanılmaktadır. Michelson daha bebekken aile Birleşik Devletler'e göçtü. Michelson'un babası Nevadalı altın arayıcılarıyla iş yapıyordu. Çocuk tipik bir "altına hücum" kasabası olan Virginia City'de büyüdü.

Daha sonra eğitimini tamamlamak için evden ayrılıp San Francisco'ya yerleşti. Giriş koşullarını tamamlamakta güçlüklerle karşılaşmasına karşın, Annapolis'teki Birleşik Devletler Deniz Akademisi'nde yüksek öğrenimini tamamlayabildi. Donanmadayken çıktığı bir açık deniz seyahatinden döndükten sonra, fizik bilimleri dalında öğretim görevlisi olarak çalışmak üzere, Akademi'ye döndü. 1877'de Margaret Heminway ile evlenip, zengin bir babanın damadı oldu.

1878'den itibaren ışık hızını ölçmeye merak saldığı sanılıyor. Masraflarını kayınpederinin karşıladığı düzeneğiyle ilk deneyleri o yıl yapmaya girişti. 1880 ile 1882 arasında çeşitli Avrupa üniversitelerinde lisansüstü eğitim aldı. Bunlar arasında en dikkat çekeni Berlin'deki Helmholtz'dur. Masraflarını telefoncu Alexander Graham Bell'in karşıladığı teçhizatla ışık dalgalarındaki parazitlerin optik etkilerini araştırmaya koyuldu.

1881'de donanmadaki aktif görevinden istifa ettikten sonra, 1882'de Birleşik Devletler'e döndü ve Cleveland'da Uygulamalı Bilimler Okulu'nda çalışmaya başladı. Bundan itibaren Morley, Batı Üniversitesi'nde çalışmalarını sürdürdü. Ünlü deneyler 1887 yılında yapıldı.

1889'da Michelson, Clark Üniversitesi'ne geçti, 1893 yılında yeni üniversitenin fizik bölümüne başkanlık etmek üzere, ordan Chicago'ya taşındı. İşte bu sıralarda ışık hızı sorunuyla ilgilenmek yerine, interferometrenin (girişimölçer) başka kullanımlarıyla ilgilenmeye başladı. Başka bir deyişle, kadmiyum ışığının dalga boyunu ölçmekle uğraşırken metrenin standartlaştırılmasına ilişkin çalışmalara katıldı.

İlk karısından boşandıktan sonra, 1899 yılında Edna Stanton ile evlendi. Birinci Dünya Savaşı'nın patlak vermesi üzerine donanmaya yedek subay olarak katıldı. Bu sırada optik uzaklık-ölçme araçlarıyla uğraştı. Savaştan sonra California'da pek çok zaman harcadı. Hem eğlenceye hem de yıldızların çapını ölçmek gibi birtakım yeni projelere harcıyordu zamanını. Işık bir kez daha onun ilgisini çekti. Yöredeki dağların zirvelerine yerleştirilen düzeneklerle çalışmaya koyuldu.

Michelson yaşamı boyunca çok takdir aldı. Royal Society tarafından Copley madalyası ile ödüllendirildi. Ayrıca Nobel Ödülü alan ilk Amerikan vatandaşı unvanını da kazandı.

Pasadena'da 1931 yılında öldü.

Edward William Morley meşhur takımın ikinci üyesiydi. Ama diğerinden tamamen farklı bir maziye sahipti. New Jersey bölgesinde Newark şehrinde 1838 yılında, sofu bir ana-babanın çocuğu olarak dünyaya geldi. Babası papazdı. Edward evde, ailesinden eğitim gördü. On dokuzuna basmadan önce babasının eğitim gördüğü koleje girene dek, okul yüzü görmedi. Papaz olmak üzere okula gönderilmişti. Mezun olduktan sonra, 1861'de ilahiyat alanında çalışmaya başladı.

Öğretmenliğe 1866 yılında South Berkshire Akademisi'nde başladı. Anlaşıldığı kadarıyla hem ilahiyat üzerine hem de bilimler üzerine ders veriliyordu. 1868 yılında Isabella Birdsall ile evlendi. Aynı yıl Ohio'da, bir kilisede papaz olarak çalışmaya başladı. O zamanlar çalıştığı yere yakın olan Western Reserve College'den ders vermesi için davet aldı. 1882 yılında kolej Cleveland'a, Western Reserve University adıyla taşındığı zaman, Morley de yeni üniversitede kimya profesörü olarak görevini sürdürdü.

Morley bilginin kesinliği konusunda yaşamı boyunca katı tutum takındı. Üslubu Berzelius'un Amerikan versiyonu gibiydi. Oksijenin fiziksel özelliklerinin kesin belirlenim ile ilgili kimyasal ve meteorolojik sorunlara eğildi. Kimyaya olan düşkünlüğü onu spektroskopiye ve parazit olgusuna yöneltti. Onu, yaşamın maddi yönlerine düşkün Michelson ile dayanışmaya götüren yol böylece çizilmiş oldu.

1906'da Morley Western Reserve'den emekli oldu ve yaşamının son günlerine dek kalacağı Connecticut'a döndü.

Michelson-Morley deneyinden önceki durum

Deney ilk bakışta ışığın hızının ölçülmesiyle ilgili gibi görünüyordu. Ne var ki çok önemli bir deneydi bu. Işık hızının sonlu olduğu düşüncesi, Descartes'ın ve Newton'un madde-

sel ışık kuramlarında yer alıyordu. Sözü geçen iki düşünür de ışığın bir parçacık akışı olduğunu düşünmüştü. Işığın kesin bir hıza sahip olmasının kanıtı aslında astronomik gözlemlere dayanıyordu. Olaus Romer, Jüpiter ile Dünya'nın birbirine yaklaşıp uzaklaşması arasında geçen zaman içinde, bu gezegenin uydularının tutulma periyotları arasındaki sürelerin değiştiğini fark etmişti. Bu etkinin basit bir açıklaması şuydu: Eğer ışık hızı sabit ve sonlu ise, gezegenler birbirine yaklaştıkça ışık, Dünya'ya daha kısa sürede ulaşır, birbirinden uzaklaştıkça, daha uzun sürede ulaşır. Bu gözlemler 1675'te yapılmıştı.

İdeal olarak ışık hızı, sonuç hakkında kuşku uyandıracak her türlü engelden uzak, yerkürede kurulacak bir laboratuvarda ölçülmeliydi. 1849 yılında H. L. Fizeau basit, dâhice bir yöntem geliştirene dek, başvuracak güvenilir bir yöntem yoktu. Sonuçlar, Roemer'in gözlemlerine dayanılarak yapılan hız hesaplarıyla tutarlıydı.

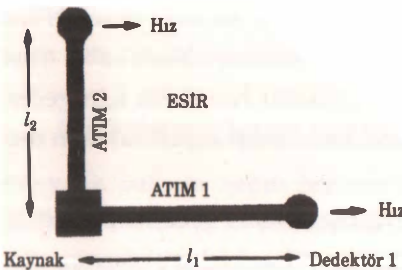
Peki ışık neydi? Descartes ve Newton'un parçacık kuramı, yerini zamanla dalga kuramına bırakmıştı. Işığın evrensel ortamda, esir (eter) gibi çapraz işleyen bir titreşim olduğu düşünülüyordu. Esirinse, tüm evreni sardığı ve hareketin arka planı olduğu düşünülüyordu. Bu düşünce ile Newton'un mekanik evreni arasındaki ilişkiyi kavramak için, onun ünlü yasalarının bir özelliğine dikkat etmeliyiz. Galileo değişmezi denilen önemli bir matematiksel özelliğe sahiptir bu yasalar. Bu kısaca şu anlama geliyor: Newton'un hareket yasaları her cisim için aynıdır; göreli hızları ne olursa olsun, sabit esire göre hızları ne olursa olsun, bu yasalar her cisim için geçerlidir. Öyleyse bir cismin mutlak hareketini saptamak için mekanik bir yol bulunamaz.

Eğer Newton Yasaları, uygulandıkları sistemlerin göreli hareketleri ne olursa olsun hep aynı ise, hiçbir sistemin, söz-

gelimi bizim galaksimizin, gerçekten durağan olup olmadığını bilemeyiz. Ama eğer ışık durağan esirde yayılan titreşimden kaynaklanıyorsa, o zaman bu esir her türlü hareketin ölçülmesine olanak veren sabit bir zemin gibi düşünülebilir.

Deney

Diyelim ki hareket eden bir kaynaktan ışık dalgası yayılıyor ve kaynağın hareket doğrultusu üzerinde bir saptayıcı var. Eğer ışık dalgası durağan esir tarafından aktarılıyorsa, kaynağın ya da saptayıcının hızı ne olursa olsun, ışığın hızı değişmeyecektir, esire göre sabit olacaktır. Ama bu, ışık hızının, kaynağın ya da saptayıcının hızına göre sabit olduğu anlamına gelmez. Şimdi de ışığın, ışık kaynağının hareket doğrultusuna dik duran bir saptayıcıya düştüğünü düşünelim. Işık kaynağı ile saptayıcı arasındaki uzaklık her iki örnekte de aynı olsun. Artık bu iki örneği aşağıdaki diyagramda gösterebiliriz. Eğer hem ışık kaynakları hem de saptayıcılar çerçevelerine sıkıca bağlanmışlarsa, her iki ışık dalgası da esir içinde ve ona göre aynı sabit hızla hareket ediyorsa, birinci ışık dalgasının birinci saptayıcıya varış süresi, ikinci dalganın ikinci saptayıcıya varış süresinden uzun olacaktır. Işık dalgası esirde sabit hızla hareket ederken, birinci saptayıcı ileri doğru hareket etmek durumundadır. Birinci uzaklık, yani ışık kaynağı ile birinci saptayıcıyı aynı doğrultuda tutan çu-

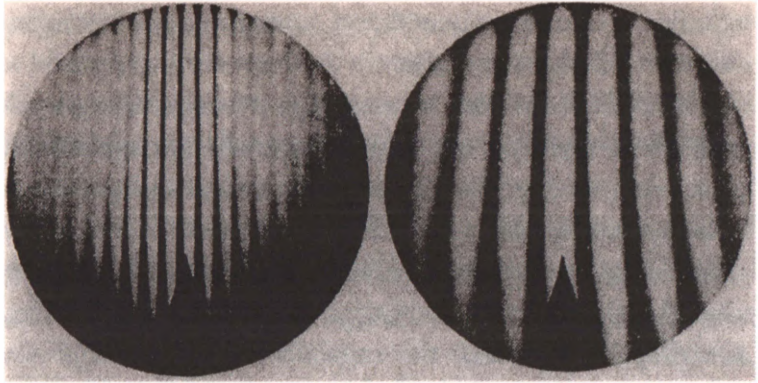


Klasik dünya tasarımında Michelson-Morley deneyi.

buk, ikinci uzaklıktan, yani ikinci saptayıcıyı ışık kaynağına dik tutan çubuktan uzundur.

Michelson ile Morley'in tasarladığı düzenek, diyagramda gösterilenden tabii ki çok daha ayrıntılıydı. Çok ayrıntılıydı; çünkü onu, iki doğrultuda ışık hızının farkını saptayabilecek hassasiyetteki araçlarla donatmak zorundaydılar. Bunun için geliştirdikleri yöntemle, ayrıca, kaynaktan gönderilen ışığı tekrar kaynağa yansıtıp, kırılmaya müdahale eden etmenleri de saptayabileceklerdi.

Kuramsal olarak, örnekte verilen iki doğrultuda hareket eden ışığın hızları farklı olmalıydı. Ama bu kadar minik bir fark nasıl ölçülebilirdi? Burada Michelson ve Morley'in düşündüğü numara, ışık salınımlarından ya da saçaklarından faydalanmaktı. Bu olgu ışığın bir yönüyle dalga hareketine benzemesinden kaynaklanır. Dalga biçimini hayalimizde canlandırırsak, iki dalga üst üste çakıştığında parazit salınımlarını saptamayı düşünebiliriz (bkz. sayfa 165). Eğer A ve B, Birinci Durumda çakışırlarsa, yükseltiler ve alçaltılar bir genişleme etkisi yaratacaktır. Ama İkinci Durumda, yükseltiler ve alçaltılar birbirini götürür, yani ışık kararır. Diyelim ki A ve B aynı kaynaktan yayılıyor, ama farklı yollarda birleşmek için başladıkları yere erişiyorlar. A ve B yolları eğer tam bir dalga boyu kadar birbirinden uzaksa, Birinci Durumu; yok eğer yarım dalga boyu kadar birbirinden uzaksa, İkinci Durumu elde ederiz. Ama diyelim ki Birinci Durumda hareketi başlattık. Şimdi A yolunu, B yolundan çok az geride bıraktığımızı düşünelim. Bu durumda B'nin yükseltileri, A'nın yükseltilerinden önce varacaktır. Artık çakışan yükseltilerin en yüksek noktası hafifçe sola kaydırılabilir. Bu 'kaydırma' ile bir gözlemci A yolunun uzunluğunun değişip değişmediğini söyleyebilecektir.



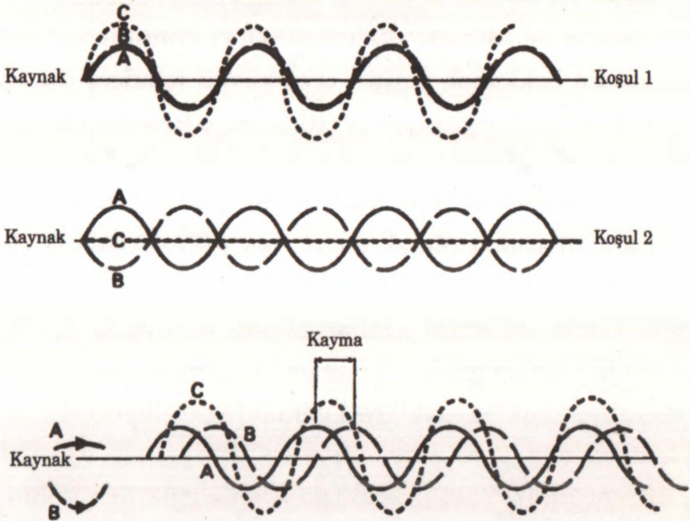
Girişim saçağı kaymasının fotoğrafı. D. C. Miller'in *Reviews of Modern Physics*'te yayımlanan makalesinden, cilt 5 (1933), Şekil 7.

Beyaz ışık, farklı dalga boylarından oluşan ışıkların bir karışımıdır. Dalga boylarındaki farklılık renkleri oluşturur (insan gözü tabii ki bunları algılayamaz). Dalgaların birbirine karışması nedeniyle, parazit etkileri beyaz ışık üzerinde çalışarak bulunmaya çalışıldığında, dalgaların tam bir karışımının parlak zirvelerini renkli saçaklar çevreler. Michelson-Morley deneyinin yöneldiği nokta işte bu saçaklardaki kaymayı tespit edebilmekti.

Michelson ilk kez 1881 yılında, esir içinde dolaşan yerkürenin hareketini saptamaya girişmişti. Ne var ki "bu hareket yönüne dik düşen bir ışık demeti doğrultusundaki esir boyunca dolaşan yerkürenin hareketi"ni önemsemememişti. Morley ile 1887'de yaptıkları deneyde bu etki hesaba katılmıştı.

Düzeneğin, esir içinde dolaşan Dünya ile birlikte hareket ettiği düşünülüyor. Basit bir matematiksel çözümleme, iki dik doğrultuda gözlemlenmiş ışık yollarının uzunlukları arasındaki farkların Dv^2/c^2 olması gerektiğini gösterecektir. Formülde D düzeneğin kolunun uzunluğunu, v esirde hareket eden Dünya'nın hızını, c de ışık hızını simgeliyor. Michelson ile Morley'in işaret ettikleri gibi, "yerkürenin sadece yörün-

gesel hareketi göz önüne alındı. Eğer bu hareket hakkında çok az şey bildiğimiz Güneş sisteminin hareketiyle birleştirilirse, sonucun gözden geçirilmesi gerekecektir; gözlemler sırasında çok küçük de olsa, bir fark bulunmuş olması mümkündür ancak. Üç aylık aralarla deney tekrarlanacak, böylece her türlü kuşku bertaraf edilecektir."



Girişim saçaklarındaki kayma: Açıklayıcı diyagram.

Eğer düzenek 90 derece döndürülürse, fark yine Dv^2/c^2 çıkacaktır. Ama uzun yolu belirleyen kol, bu kez kısa yolu belirlediğinden toplam fark şimdi $Dv^2/c^2 \times 2$ olacaktır. Michelson ile Morley'in kullandığı ölçülerdeki bir düzenekte bunun etkisi, ışık demetlerinin çakışmasıyla üretilen parazit saçaklarının, bunların asıl durumda gözlemlendiği göreli konumlarından salınım uzaklığının 0,04'ü kadar kayması olmalıdır.

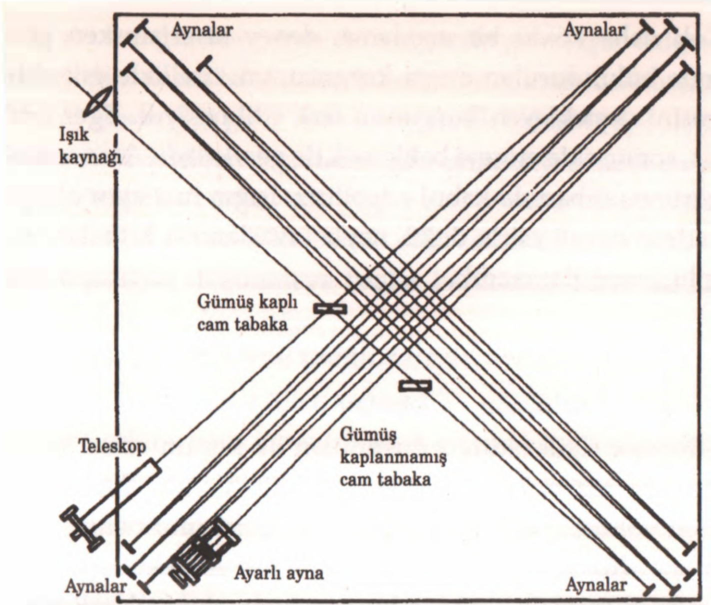
Deneyde kullanılan fizik ilkeleri çok basit olduğu gibi, gözlemler de zorluk çıkarmıyordu. Deneyciler düzenekleri

geliştirirken, hata kaynaklarını olabildiğince elemek için tüm hünerlerini ortaya döktüler. Karşılarında iki büyük sorun duruyordu. Doğrultularından sapan titreşimler düzeneğin optik kısmını kızdırabilir ve salınmaların açıkça görülmesini engelleyebilirdi. Işık demetlerinin yollarının kısa olması, etkinin küçük olacağı ve kesin tespitin zor olacağı anlamına geliyordu. Her iki zorluk da son düzenlemede atlatıldı.

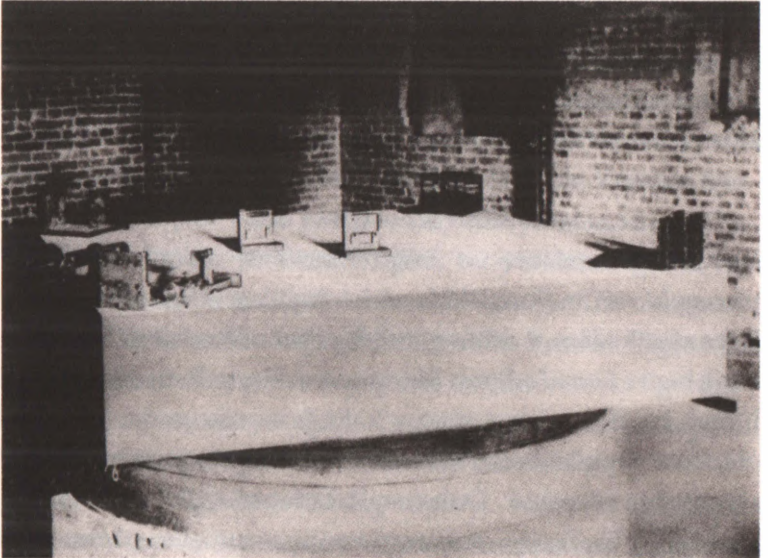
Michelson ve Morley, düzeneği ikinci konuma getirerek yerleşmesini beklemek yerine, cıva küveti içindeki düzeneğin tümünü birden yavaşça çevirirlerse, çok daha net optik etkiler elde edeceklerini anladılar. Zemin yavaşça çevrilirken, salınımları inceleyebilmişlerdi. Biri öğle saatlerinde, diğeri akşam altı sularında olmak üzere, her gün iki dizi gözlem yapıyorlardı. Bu şekilde hava koşullarında meydana gelen değişikliklerin etkilerini azaltacaklarını umuyorlardı. Öğle saatlerinde yapılan gözlemler sırasında, zemin saat ibresinin tersine, akşamları ise saat ibresi yönünde çevriliyordu.

Deneyin temel yapısını gösteren diyagrama başvurursak, düzeneğin iki kolu üzerindeki ışık dalgalarının yolunun uzunluğunda bir fark saptanamamasının, esiri sabit bir arka plan (bu arka plan karşısında dünyanın 'gerçek' hareketi ölçülüyordu) gibi gören düşünceye büyük bir darbe vurduğunu görebiliriz.

Ama deneyin sonucu nasıl açıklanmalıydı? Belki telafi edecek birtakım değişiklikler yapmak olasıydı. Düzeneğin rijit olduğu düşünülüyordu. Peki o zaman Birinci Saptayıcı yönündeki düzeneğin kolu esir tarafından sıkıştırılıp küçültülemez miydi? Bu, Michelson ile Morley'in salınımlardaki herhangi bir saptamadaki başarısızlığını açığa kavuşturabilirdi. Bu Lorentz'in çözümüydü ve öneride bulunan iki kişiden ötürü "Fitzgerald-Lorentz" çözümü adıyla anıldı.



Düzeneğin son durumunu gösteren diyagram. Michelson ile Morley'in 1887 yılında yayımlanan çizimi, üçüncü seri, cilt 34.



Aygıtın son halinin o zamanki fotoğrafı.

Çok daha köklü bir açıklama, deney tasarlanırken göz önünde bulundurulan evren kurgusunun, özellikle esir düşüncesini destekleyen kurgunun terk edilmesiydi. Eğer esir yoksa, sonuç elde etmeyi beklemek de gereksizdi. Ama sonucu görünüş itibarıyla kabul edebiliriz. Işığın hızı aynı olsaydı, sadece hayali esirle değil, neyle kıyaslanırsa kıyaslansın, olumlu sonuç alamazdık.

Michelson-Morley deneyinden sonra

H. Lorentz, Michelson ve Morley ile yakın temastaydı. Ayrıca deneyle ilgili olduğu düşünülen ilk kuram onun kuramıydı. Lorentz, yukarıdaki alternatiflerin ilkinde, düzeneğin hareket yönünde büzülmesi gerektiği görüşünü benimsedi. Büzülme düzeneğin yapıldığı maddenin moleküllerini bir arada tutan güce ilişkin basit bir varsayıma dayanılarak açıklanabilirdi.

Lorentz molekül içi kuvvetlerin, tıpkı manyetik ve elektriksel kuvvetlerde olduğu gibi, esir tarafından iletildiğini düşünmemizi istiyor. Esirle göreli hareket eden bir şey, tıpkı elektriksel cisimler gibi, elektronlar gibi, bir kuvvete maruz kalır. Kuvvet;

$$\text{Kuvvet} = e\,(E+v/cB)$$

yasasıyla verilir. Formülde e elektrik yükü, E elektrik alanını, B manyetik alanı, v esirle göreli hareket eden cismin hızını ve c ışık hızını temsil ediyor. Bir cisim esirle göreli olarak ne denli hızlı hareket ederse, maruz kaldığı kuvvet, o denli büyük olacaktır. Öyle ki, bu kuvvet onun hareket yönünde büzülmesine neden olacaktır. Dolayısıyla Lorentz'e göre, Michelson ile Morley'in deneyi anlamsız sonuç vermiştir; çünkü esir içinde hareket eden dünyanın hareketi doğrultusunda bulu-

nan düzeneğin kolu, tam da bu yönde gelen ışık dalgasının tükettiği zamanı telafi edecek kadar büzülmüştür. Lorentz'in bizzat gösterdiği gibi, "bu varsayım ilk bakışta şaşırtıcı gelebilir; evet, kuşkusuz zorlama gibi görünüyor, ama şu anda tıpkı elektrik ve manyetik güçler söz konusu olduğunda kesin olarak ileri sürebileceğimiz gibi, esirin de moleküler güçleri taşıdığını düşünmeye başlar başlamaz, bunu da kabul etmek zorunda kalacağız.

Moleküler güçler bu şekilde iletiliyorlarsa, yapılacak çeviri, atomlar ve moleküller arasındaki, yüklü parçacıklar arasındaki çekme veya itmeye benzer eylemi büyük olasılıkla etkileyecektir. Şimdi katı bir cismin formu ve boyutları sonuçta moleküler hareketlerin şiddetiyle belirlendiğinden, boyutların bu etkinin dışında kalması pek mümkün görünmüyor."

Einstein'ın temel fizik yasalarını yeniden formüle etmesiyle, başka bir açıklama olanağı doğdu. Einstein'ın çalışmasının Michelson-Morley deneyinden bağımsız olduğu hatırlanmalıdır. Einstein, fiziksel dünyanın nihai birliğine ve onun temel süreçlerinin basitliğine yürekten inanıyordu. İsterseniz doğa yasalarının tümünün her türlü cisim sistemi için aynı olduğunu düşünün; eski fizikte bir istisna olan elektromanyetik yasaları da buna dahil olsun. Eski fizik Newton Yasaları üzerine kurulmuştu. Ama elektromanyetik yasalarından itibaren fiziğin toptan yenileştirildiğini, bu yasaların, göreli hareket türünde, bütün cisim sistemleri için geçerli olduğunu (Maxwell'in formüle ettiği gibi) düşünün. Bundan böyle eski fizik yasalarına dayanılarak yapılan mekanik testler "gerçek" hareketi saptayamayacaktır. Yeni fiziğin, elektromanyetik testlerin olamayacağını ima etmesi de bundandır.

Kısacası, Michelson-Morley deneyi hiçbir iş görmedi. Programı tamamlamak için Newton Yasaları'nın değiştirilmesi gerekiyordu. Ancak bu şekilde yasalar, elektromanye-

tiğin yasalarından etkilenmeksizin, tüm cisim sistemleri için geçerli olabilirdi.

Eğer Newton Yasaları, Maxwell'in elektromanyetik yasaları için ısmarlanan yeni matematik durum altında değişmez kılınabilseydi, mükemmel bir birlik ortaya çıkabilirdi. Bu yeni uyum Özel Rölativite Kuramı'yla başarılabilirdi.

Ek okumalar

Michelson, A. A. ve Morley, E. W., "The Motion of the Earth Relative to the Luminiferous Ether", *American Journal of Science*, 34, 1887, s. 333 ve devamı.

Einstein, A. ve diğ., *The Principle of Relativity*, Londra, 1923, tekrar basım Dover, New York.

Michelson Livingston, D., *The Master of Light*, New York, 1973 (Michelson'un kızı tarafından yazılan bir yaşamöyküsü).

Swenson, L. S., *The Ethereal Aether: A History of the Michelson-Morley-Miller Aether-Drift Experiments 1880-1930*, Austin, Tex., 1972.

Williams, H. R., *Edward Williams Morley*, Easton, Pa., 1957.

Zahar, E., "Why did Einstein's Programme supersede Lorentz's?", *British Journal for the Philosophy of Science*, 24, 1973, s. 95-123, 223-62.

II

KURAMIN İÇERİĞİNİ GENİŞLETMEK

A

Bilinen Bir Etkinin Gizli Mekanizmasını Bulmak

Bilimler iki boyutlu bir yapı olarak düşünülebilir. Söz gelimi, yatay düzlemde gözlemlenmiş nedenler ve bunların gözlemlenebilir sonuçları arasında iyi kurulmuş eş-ilişkiler yer alır. Ancak kuramcılar ve deneyciler, gözlemlenebilir eş-ilişkileri ortaya çıkaran mekanizmaları bulmak için ikinci bir boyutta yer alan çalışmaları izlerler. Bu bölümde anlatılacak iki durum, açıklama arayışını izlemenin iki yolunu göstermektedir. F. Jacob ve E. Wolman'ın deneyi, gizli kalıtım mekanizmalarının dahice bir yalıtımı ve manipülasyonu ile ilgiliydi. Bu mekanizmalar daha sonra elektron mikroskobuyla yapılan dolaysız gözlemlerle az ya da çok açığa çıkarıldı. J. J. Gibson insanın bilinen algı güçlerini anlamak için tam anlamıyla yeni bir kuramsal yönelimin, dolaylı ya da dolaysız birçok sonuçları olan bir yönelimin gerekli olduğunu gösterdi. Her durumda deney, zaman içinde doğrudan gözlemlenebilir görüngülerin ötesindeki bir alanın içeriğini zenginleştirdi.

12. F. JACOB VE E. WOLLMAN

Genetik Maddenin Doğrudan Aktarımı

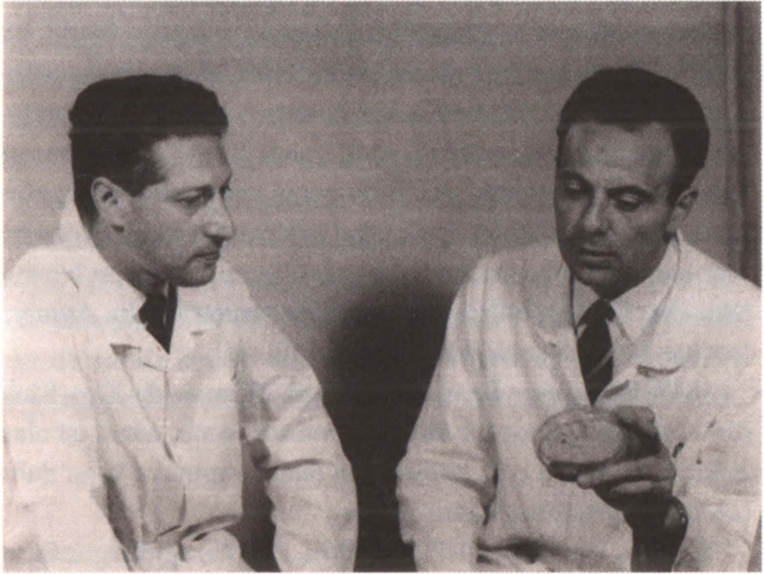
François Jacob 1920'de Nancy'de doğdu. Babası bir şirket müdürüydü. Lycée Carnot'da ve sonra Paris Üniversitesi'nde eğitim gördü. 1950'den itibaren Paris'teki Pasteur Enstitüsü'nde, Jacgues Monod'un da içinde bulunduğu, en gözde moleküler biyologlarının yer aldığı bir grupta çalıştı. 1956'da laboratuvar müdürü oldu. 1960'tan beri, enstitüdeki bütün hücre kalıtım programının yürütülmesinden sorumludur. Büyük bir yaratıcılıkla ve kısıtlı araçlarla gerçekleştirdiği deneysel araştırmalarından ötürü ün kazanmasına karşın, yazılarını laboratuvar çalışmasının raporlarıyla sınırlamadı. Birçok seçkin Fransız entelektüelinin yaptığı gibi, o da genel bilim felsefesi üzerine yorumlar yaptı. *The Logic of Living Systems* (Yaşayan Sistemler Mantığı) adlı çalışması genel biyoloji kuramı üzerine bir tartışmadır. 1965'te College de France'da profesör oldu. Aynı yıl Jacques Monod ile birlikte Nobel Ödülü aldı.

1947'de Lysiane Block ile evlendi. "Fransa'da Kim Kimdir"e düşülen ilginç bir kayıtta Profesör Jacob, resmi işi olan mikrobiyolojiden çok, hobisi olan resim yapmaya karşı daha çok ilgi duyduğunu kabul ediyor.

Élie Léo Wollman 1917'de doğdu. Paris'te eğitim gördü ve halen Pasteur Enstitüsü'ndeki gruplardan birindedir. 1966'da müdür yardımcısı oldu.

Kalıtım biyolojisi

Yavrunun ana-babanın özelliklerini almasını sağlayan mekanizmaya ilişkin çağdaş kuram, Gregor Mendel'in keşifleriyle başlar. Mendel, en çok kalıtım yasalarını formüle etmesiyle bilinir. Ama o, baskın ve çekinik karakterlerin varlığı düşüncesini de ortaya atmıştır. Bu düşünceyle, bir yetişkinin, kendi başına gelişemeyen döl karakterlerini aktarmaya yönelik gizli bir eğilim taşıyabileceğini ortaya koymuştur. Bu olgunun ve kalıtım sürecinin diğer özelliklerinin en basit açıklaması, kalıtımsal etmenlerin ya da canlı varlıklarda bulunan kalıtımdan sorumlu fiziksel "şeyler"in varlığıdır. Bu fiziksel şeyler "genler" şeklinde anılmıştır. Peki, genler bir organizmanın fiziksel bedeninin neresinde bulunuyorlardı?



E. Wollmann (*solda*) ve F. Jacob (*sağda*) Paris'teki Pasteur Enstitüsü'ndeki laboratuvarlarında.

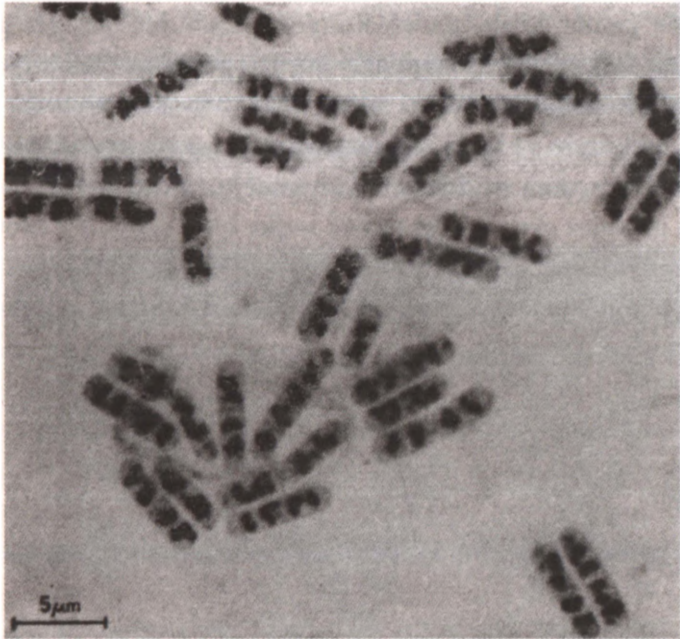
Hücre bölünmesinin mikroskobik çalışmaları, üreme esnasında çiftleri ayıran hücrelerin çekirdeğinde çubuk gibi cisimlerin bulunduğunu göstermişti. Her çiftin bir üyesi hücrenin zıt uçlarına göç ediyordu. Bu yolla bir çift çekirdek biçimlendirilmişti.

Bu şekilde bölünen hücrelerden her biri kardeş hücrede olacak şekildedir. Çubuk gibi cisimler boya ile işaretlenerek görünür hale getirilebildi; böylece renklendirilmiş cisimler anlamına gelen "kromozom" adını aldılar. Çeşitli nedenlerden ötürü kalıtımı denetleyen genetik birimler, başka bir deyişle genler, muhtemelen kromozomlarla birleşmişler gibi, hatta belki de kromozomların kurucu parçaları olarak görülmeye başladılar.

Bu kuram ve buna bağlı kavrayışlar ortaya üç soru atıyordu: Kromozom maddesinin kimyasal kuruluşu neydi? Genetik birimler veya genler neydi; başka bir deyişle, bir kromozomun yapısı ile soyaçeken karakterlerin fiziksel temelinin bir taşıyıcısı olarak, onun genetik potansiyeli arasındaki ilişki nasıldı? Genetik birimler nasıl örgütlenmişlerdi, sözgelimi bunlar kromozom diye tanınan maddenin lifine boylu boyunca mı dizilmişlerdi? İlk soru kimya ile ilgili bir yanıt gerektiriyordu; ikincisi biyolojik bir çözüm; sonuncusu da kromozom maddesinin, kimyasal öğelerinin biyolojik birimlerle ya da genlerle nasıl bir ilişki içinde olduklarının anlaşılmasını gerektiriyordu.

Tamamıyla kimya ile ilgili olan ilk sorunun çözümü J. Watson ve F. Crick'ten geldi. Watson ve Crick, M. H. F. Wilkins'in çektiği kromozom maddelerinin kırınım fotoğrafı üzerine ikna edici bir yorum getirmişlerdi. Watson ve Crick gösterdi ki, kromozom maddelerinin fotoğrafından gözlenen model için en iyi açıklama, birbirine dolanmış bir çift lif, yani bir ikili sarmaldı. Her lif sadece dört kimyasal öğeden

meydana gelen bir diziden oluşuyordu. Eğer genler, aynı zamanda kromozomların fiziksel öğelerini oluşturuyorlarsa, ister istemez biyolojik birimlerin temel kimyasal birimlerden oluşan diziler olmaları gerektiği sonucuna varılıyordu. Sonraki çalışmada Crick, Brenner ve başkaları, üç kimyasal birimin bir biyolojik birimi (ya da geni) oluşturduğu sonucuna vardılar. Bu sonuç kaba bir yakıştırmadan öteye geçmedi. Göründüğü kadarıyla, kimyasal ve biyolojik birimler arasındaki ilişki aslında çok daha çetrefildi.



Bacillus cereus adlı bakterinin kromozomlarının mikrofotoğrafı.

Genler ile kimyasal birimler arasında yaklaşık bir ilişki varsa bile, genetik birimlerin haritasının, kromozomların fiziksel taslağı üzerine oturtarak çıkarılmasıyla üçüncü soruya yanıt aranabilir. Çok yakın zamana kadar, verili bir bedensel

özelliğin izini, bu özelliğin gelişen organizmadaki nihai kaynağı olan genetik maddenin lifine (ya da söylenegelen adıyla DNA) kadar sürecek dolaysız ve genel geçer bir yöntem bulunamamıştı. Genetik haritanın çıkarılmasında dâhiyane denebilecek her tür dolaylı yöntem denenmişti. Bu yöntemlerin ardındaki temel fikir, toptan devralınan özellikler takımının ayırt edilmesine bağlıydı.

Cinsel üremede anne hücreden gelen genetik maddenin yarısı, genlerin yeni bütünlüğünü oluşturmak için baba hücredeki genetik maddenin yarısıyla yeniden birleştirilir. Böyle bir yeniden birleşmede, her tür farklı birlik biçimlendirilebilir. Birçok kuşaktaki yeniden birleşmelerin istatistiklerine bakarak, hangi çift karakterlerin genetik maddede birbirine yaklaştıkları konusunda oldukça iyi tahminler yapmak mümkündür. Çünkü bunlar birbirinden uzak olanlara göre soyaçekmeye daha çok meyilli olacaklardır. Bu tür çiftlerin yüzlercesi üzerinde sabırla çalışarak bir kromozom taslağının genetik haritasını çıkarmak olasıdır.

Sonraki gelişmelerin iki yönü ortaya çıkıyor. Genlerin düzenini belirlemenin ve bunların kromozomsu madde üzerindeki dizilerini yerleştirmenin daha dolaysız bir yolu bulunabilir miydi? Eğer genler fiziksel olarak bu şekilde yerleştirilirlerse, DNA'nın boyunu basitçe kısaltıp, ardından tekrar ekleyip, kimi genleri çıkarıp, yerlerine başkalarını koymanın yöntemleri geliştirilebilir miydi? Bu bölümde anlatılacak deney her iki soruya da, en azından ilkece, olumlu yanıt vermişti. Jacob ve Wollman, bir gen dizisinin düzeninin az ya da çok dolaysızca nasıl belirleneceğini gösterdiler. Ayrıca genetik maddenin, tekil hücrelerin DNA'sından çıkarılmasını ve oraya doğrudan girmesini düzenleyen bir mekanizmanın varlığını da keşfettiler.

Deney

Jacob ve Wollman'ın genetik maddenin bir hücreden diğerine doğrudan nakledilmesi için geliştirdikleri yöntemi izleyebilmek için bir ön bilgiye gerek var. Bu arada bazı teknik deyimlerin de konuya girmesi zorunlu görünüyor.

Bazı istisnalar dışında bitkiler ve hayvanlar farklı türden işlemler altında teker teker hücreler halinde üretilirler. Hücreler basit bölünmeyle, yani mitozla, çoğalırlar. Kardeş hücreler türemiş oldukları ana hücre ile tamamen aynı genetik kuruluşa sahiptirler. Bunlara "bitkisel" hücreler adı verilir. Diğer işlem ana ve baba olacak bir çift hücre gerektirir. Ana baba özelliğine sahip her hücrenin genetik maddesinin yarısı, gametleri oluşturmak için her bir uca göç eder ve her iki hücre ikiye bölünür. Her biri tam bir dölün üremesi için gerekli genetik maddenin yarısını içerir. Ana baba özelliği olan her bir hücreden birer gamet, bir çift oluşturmak üzere bir araya gelir, birbiriyle kaynaşır; her biri genetik maddenin toplam bütününe kendi yarısını katar. Bu işleme "mayoz" adı verilir.

Sadece mitozla bölünebilen bazı hücreler vardır. Mayozla bölünen hücrelerin genetik maddenin iki bütünleyicisine bir bütün halinde sahip olmaları gerekir. İki kromozom dizisi olan hücrelere "diploid" hücreler denir. Bütün halinde, tek kromozom dizisi olanlara ise, "haploid" adı verilir. Haploid hücreler yalnız mitozla bölünebilirler. Bakterilerin çoğu haploiddir. Dolayısıyla mitozla üremelidirler. Sonuç olarak, mayoz bölünmedekine benzer bir genetik karışımın oluşabilmesi için herhangi bir yol yok gibidir.

Eğer mayoz olmasaydı, denilebilir ki, bir bakteri lifinin başka bir life kalıtımsal karakterlerini aktarması olanaksız olurdu. Ancak 1920'li yıllarda, zehirli ölü zatürree bakterilerinin, zehirlerini bir şekilde zehirsiz canlı liflere geçirebildikleri gösterilmişti. 1952'de Hayes, bilinen bir bakterinin (*Escherichia*

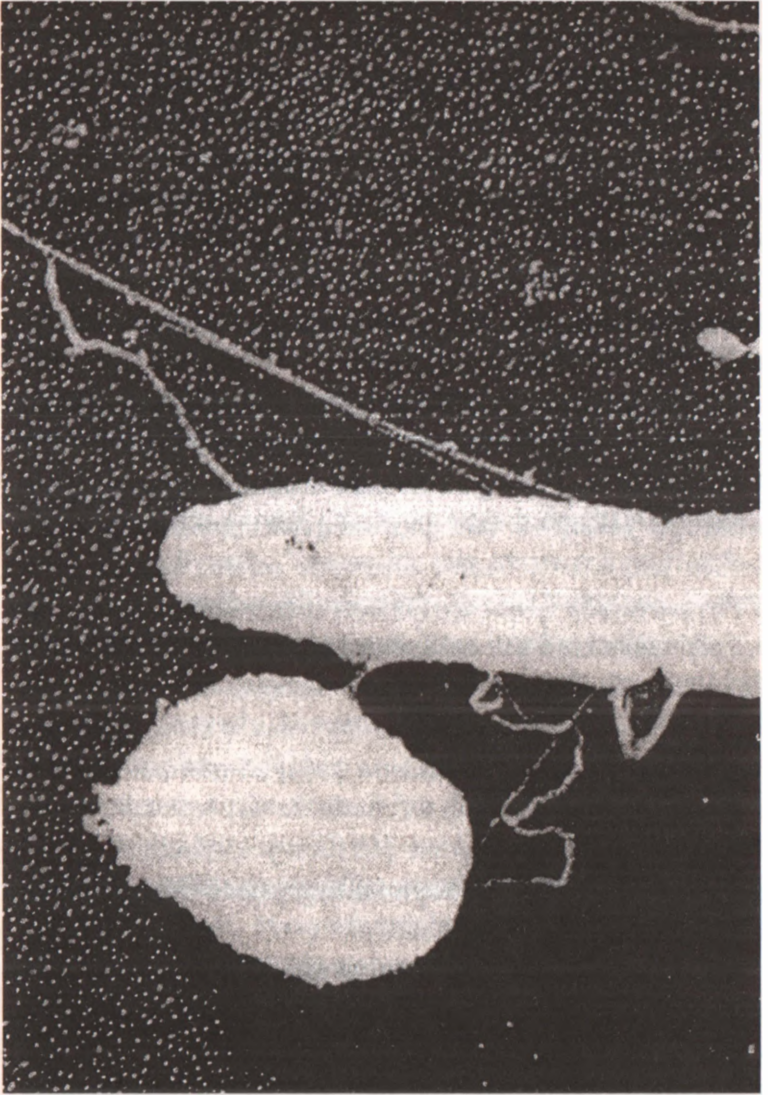
coli) çok küçük bir kısmının, hücre bölünmesi ve üremesinden bağımsız olarak kalıtımsal karakterini geçirebildiğini keşfetti. Watson ve Crick'in keşifleri açısından bu, DNA molekülünün bir parçasının bir bakteri hücresinden diğerine doğrudan geçirildiği şeklinde anlaşıldı. Hayes, genetik maddeyi sadece bu maddeyi alabilenlere bağışlama eğiliminde olan *Escherichia coli*'nin liflerini ayırt edebildi. Hayes bağışlama özelliği olana F+, kabul etme özelliği olana F- adlarını verdi. O zamana kadar hiç kimsenin F+ faktörünün ne olabileceği konusunda pek bir fikri yoktu. Aşağı yukarı aynı zamanlarda Cavali-Sforza, aynı tür bakterinin çok daha bağışlayıcı aktif bir lifini belirledi; ve buna Hfr ya da Yüksek Frekanslı Bağış (High Frequency of Donation) lifi adını verdi. Hfr lifleri F+ lifleriyle karşılaştığında, sonuç genetik maddeyi F- hücrelerine daha yüksek bir eğilimle bağışlayan bir lif oluyordu.

Çoğu bakteride genetik madde bir halka oluşturur. Üreme, çatallaşan halkada, zayıf bir noktada başlar. Yarılma sonradan tüm halkanın çevresi boyunca gerçekleşir. Halka, kendisi de kendi çevresine sarılmış bir çift ip olan kimyasal DNA maddesinin bir lifinden oluşur. Çatalı olağanüstü bir hızla, dakikada 10.000 devir yaparak açar. Kimi zaman çatalın oluşmaya başladığı zayıf nokta aktif bir uçtan kopar ve bir "köken" oluşturur. Halkanın bu şekilde kopması sadece Hfr ve F+ hücrelerinde görülür. Bu, DNA'nın kendi moleküler öğeleri gereği olur ve bu şekilde soyaçekebilen bir karakter meydana gelir.

Bir F- hücresine bitişik bir hücrede kırılma olduğunda, aktif köken, kendi asıl hücresinden çıkarak ve kendisine yapışık olan DNA ipinin kalıntısını da çekerek, bitişik hücreye geçme eğilimindedir. Araya sokulan parçalar, genetik kuruluşunu doğrudan değiştirebilecek şekilde F- hücrelerinin DNA'sına girebilir. Jacob ve Wollman alıcı hücrenin içine çekilen veri-



Escherichia coli K12 (Hfr ♂) lifinden bir DNA halkasının kopuşu, X'te başlıyor, Y'de bölünüyor. XBY ile XAYkardeş kopyalar ve XCY ana-baba ikili sarmalı olmak üzere, kromozom yaklaşık üçte iki oranında çoğalıyor. *The Genetics of Bacteria and their Viruses*, Hayes, 2. basım, New York (1976), tablo 27.



Bakteri birleşimin elektron mikrografı. Üstte, kopmakta olan bakteri *E. coli*'ye ait K12 bağımlı lifi; altta, alıcı lif, Hayes, *age*. Tablo 32.

ci DNA parçası üzerindeki genlerin düzenini anlamak için bu olgudan yararlandılar. Başlıca deney teçhizatı bir mutfak mikseriydi. Eğer araya girme işlemi durdurulabilirse ve ipin aktif ucundaki F-faktörü tarafından içeri çekilebilecekti. Her gen alıcı hücrenin DNA'sına yapıştıkça, bu DNA'nın protein üretme kapasitesini değiştirecek ve böylece tüm hücrenin davranışını değiştirecekti. Buna göre verili bir işaretleyicinin [yani alıcı hücrenin davranışı üzerinde belirli ve tanınabilir bir etkisi olan gen] Hfr'dan F- hücresine geçme sayısı ile Hfr kromozumu üzerindeki işaretleyicinin yerleşimi arasında belirli bir ilişkinin olması gerekir.

Deney tekniği çok basitti. Jacob ve Wollman doğru kombine edilmiş bakteri liflerinden bir kültür karışımı elde ettiler. Hfr'dan F- hücresine genetik madde aktarımının tamamlanması için yaklaşık 2 saat geçmesi gerektiğini önceki deneylerden biliyorlardı. Sadece alıcı içine çekilen kısa bir verici DNA parçası ile işlemi durdurmak için, mutfak mikserini çalıştırıp karışımın içine daldırıverdiler; böylece kırılgan DNA liflerini fiziksel olarak kopardılar. Karışımı seyrelterek yeniden olabilecek herhangi bir teması önlemiş oldular. Hfr'dan F- hücrelerine hangi özelliklerin geçtiğini görmek için, elde edilen karışımı her birkaç dakikada bir test ettiler. Hücrelere kapatarak, yani içinde sadece Hfr lifini yok edecek bir madde olan besleyici pelte içine koyarak, sağ kalan F- hücrelerindeki Hfr davranışlarını test edebildiler.

Jacob ve Wollman'ın gösterdiği gibi, "tüm parça aktarılıncaya dek... uç kısım, yani O (orijin anlamına gelen) ilk önce giriyor, bunu T+L+ [işaretlerin özel bir kombinasyonu] sekiz ya da dokuz dakika arayla izliyor, sonra sıra kromozom üzerindeki dizilişlerine göre ve bunlar arasındaki uzaklıkla orantılı sürelerle diğer işaretlere geliyor." Bu yaklaşık 35 dakika sürüyor. Böylece işaretleyicilerle birleştirilen karakterlerin

kazanılması, parçanın geldiği DNA hücreleri üzerindeki işaretleyici genlerin fiziksel taslağının düzenine ilişkin mükemmel bir harita verdi. Ev sahibi hücrelerin DNA halkası üzerindeki farklı noktalarını kırmaya sürükleyecek şekilde, farklı vesilelerle işaretleyicilerin, Hfr DNA'sı ve F+ liflerinde farklı noktalarla ilişkilendirilmesinden yararlanarak, DNA zinciri yapısının büyük bir kısmı doğrudan belirlenebilir.

Değişik bakteriyel hücre liflerince kullanılan enerji üzerinde çalışarak, Jacob ve Wollman bu bölümde özetleyeceğim genetik naklin şemasını çıkarmak için daha ötede dolaylı bir kanıt bulabildiler. Hfr hücrelerini aç bırakıp F- lifini besleyerek, nakil işlemini durdurabildiler. Buna göre, sadece Hfr hücreleri nakil işleminin başlangıcında enerji tüketiyorlardı. Ancak bir kez temas kurulduktan ve ipler kırıldıktan sonra, ipi çekmek için gerekli güç, F- hücrelerinden kaynaklanıyormuş gibi geliyordu. Temasa hiç izin vermeyen ya da çok az izin veren, ancak nakil işleminin zengin karışımda, başlatılmış olduğu, donma noktasının biraz üzerine kadar soğutularak verici DNA parçasının içeri çekilmesinin durdurulduğu seyreltik karışımda, karışımı yaklaşık 37 dereceye kadar ısıtıp nakli tekrar başlatabildiler.

Bu deney başka önemli bir fikrin doğmasına yol açtı. Daha önceki kimi örneklerde, yeni bir olgunun keşfi, sözgelimi manyetik sapma, bilimadamlarını açıklamalar icat etmeye zorlamıştı. Manyetik etkileri açıklamak için Norman ve Gilbert manyetik bir alanın varlığını öngören bir öneride bulundular. Bu tür tuhaf bir şeyi ayrıntılarıyla tasavvur edebilmek çok güçtür. Çünkü hiçbir deney, alanı kendi içinde muhtemelen gösteremeyecek gibi gelir. Ne var ki Jacob ve Wollman'ın deneyi tuhaf bir etkiyi ortaya çıkaran, bir bakteri lifinden diğerine karakter aktarmayı düzenleyen mekanizmayı açığa çıkardı.

Burada açıklayıcı varsayımın az çok dolaysız bir testini yapabiliriz. Elektron mikroskobuyla bir haploid bakteri ile diğeri arasındaki boşluk doldurularak, narin DNA iplerinin gerçek fotoğrafı çekilebilir. Bu fotoğraflar, çok dolaylı ve geçerliliği bizim genel şemayı kabul etmeye hazır olmamıza bağlı olan bir çıkarımlar ağı aracılıyla, genetik naklin mekanizmasını doğrudan belirleyen gerçek deneye yeni bir boyut ekler. Jacob ve Wollman'ın uslamlamasındaki her adım varsayımsal ve tümdengelimseldir. Diyelim ki, bir DNA parçası içeriye çekildi; ne ummalıyız? İşte deneyde ve ona ilişkin araştırmalarda test edilenler beklentilerdir. Sadece elektron mikroskobu ile çekilen fotoğraflar yardımıyla sınanabilir beklentilerin ardındaki varsayımların az ya da çok doğrudan kanıtlanmasıyla uslamlama döngüsü tamamlanabilir.

Ek okumalar

Wollman, E. L., Jacob, E ve Hayes, W., "Conjugation and Genetic Recombination in E-coli K-12", *Cold Spring Harbor Symposium on Quantitative Biology*, XXI, 1956, s. 141-148.

Brown, W. V, *Textbook of Cytogenetics*, St. Louis, 1972, 20. Bölüm.

Lewis, K. R. ve John, B., *The Organization of Heredity*, Londra, 1970.

Watson, J. D., *The Double Helix*, Londra, 1968.

13. J. J. GIBSON

Algı Mekanizması


J. J. Gibson

James Gibson 1904 yılında, Ohio'da McConnelsville'de doğdu. Aile sofu kilise mensuplarından oluşuyordu. O da onların inançlarına uygun olarak yetiştirildi. Ancak yetişkin olduğunda bu inançlara sadık kalmadı. 1928 yılında doktorasını alıncaya kadar Princeton Üniversitesi'nde eğitimini sürdürdü. Smith Kolej'de yıllarca çalıştı. O zamanlar Smith özellikle kadınlar için kurulmuş bir enstitü idi. 1932 yılında Eleanor Jack ile evlendi. Eşi de psikologdu. Bundan sonraki çalışmalarının büyük bir bölümünü onunla birlikte yürüttü. Gibsonların işlerini evde de sürdürmeleri, belki de ünlü pasta kalıplarının bulunmasına neden olmuştur.

Smith'te yıllarca çalıştıktan sonra Gibsonlar Cornell Üniversitesi'ne geçtiler. Savaş nedeniyle verilen duraklamalar ve yurtdışına yapılan birkaç uzun seyahat dışında, James Gibson yaşamının geri kalanını burada geçirdi. İkinci Dünya Savaşı süresince, pilotlar için hazırlanan etkili bir eğitim programıyla ilgili olarak Hava Kuvvetleri'nde çalıştı.

Uçakların piste indirilme talimatında devrime yol açan keşfiyle tanındı. İniş açısı ne olursa olsun, paralellik göstermeyen tek nokta, yani uçak yere inerken çevredeki başka şeylerle ilişkisini değiştirmeyen tek nokta, uçağın inişte temas edeceği noktadır. Bu insanın algı sürecinde geometrik sabitlerin oynadığı rolü keşfetmek için büyük bir fırsat yaratmıştı.

Gibson'un çalışması bir ana soruna odaklanıyordu: İnsanoğlu "şeyler"i algılamayı nasıl beceriyor? Hemen hemen tüm araştırma çabalarını hasrettiği bu başarı, koşulların sistematik keşfiyle gerçekleşiyordu. Michael Faraday gibi büyük deneycilerin yolu izlenerek, programın yönü belirlendi ve dönüş noktası derin bir kuramsal fikirle desteklendi: İnsanlar yapılanmış bir dünyayı, bu dünyadaki hayatı idame ettirmek için gelişmiş algı sistemleriyle aktif olarak inceliyorlardı.

Emekliliğinde, New York Devlet Üniversitesi'nin komşu kampüsünde açılan yeni bir disiplinlerarası lisans programının başlangıcında görev alarak faaliyetlerini sürdürdü. 1979 yılının Aralık ayında yaşama veda etti.

Algı üzerine ilk çalışmalar

Gibson'un deneylerinden önce algı üzerine yapılan çalışmalar, yaygın ama deneysel incelemelere uygulanmamış varsayımlara dayanıyordu. Algının aslında pasif bir süreç olduğu düşünülüyordu. Duyu organlarının duyarlı yüzeyleri, sözgelimi gözde retina, tamamen uyarı alıcıları olarak düşünülüyordu. Algı psikolojisi dünyadaki şeylerle insan deneyimi arasındaki ilişki üzerine kurulmamış, duyu organlarında algılanan şeyin etkileri ile algıladığı şekliyle nesne arasındaki ilişki üzerine kurulmuştu. Derinlemesine girerek, 1870'lerden başlayan araştırma eğilimlerini izleyerek, "uyarı, genel olarak, dış dünyadan retinaya geçmektedir... retinada-

ki yakınsal uyarının doğası deneylerde bağımsız değişken olarak kullanılabilir ve tahmin edilebilir" gibi sözleri toparlayarak çalışmalarını sürdürdü Gibson. Algı süreci ya da algı eylemi, bir bütün olarak, 'algılanan-şey'e indirgeniyordu. Algıya ilişkin temel kuramın felsefi versiyonunda, 'duyu-verisi kuramı' adıyla anılan öğretide, algılandıkları şekliyle, şeyler duyu verilerinden oluşan mantıksal yapılardı. Geleneksel bilgi kuramında algı, organize görsel, işitsel veya dokunma ile ilgili alanlardan yapılmış duyuların veya duyu öğelerinin bir düzenlemesi olarak, düşünülüyordu. Algılandığı şekliyle bir domates, dokunma, tat ve diğer duyularda da bulunan farklı renk ve tonlardaki kırmızı beneklerin düzenli bir toplamı olarak düşünülüyordu.

Algıya ilişkin deneysel çalışma yöntemi bu varsayımları izledi. Deneyci, "özne"yi, fiziksel olarak zorlamak dahil, saf bir alıcı durumuna getirmek için pasif durumda tutabilmeliydi. Algının tümünü oluşturduğu düşünülen öğeler birer birer eklenirler. Bu araştırma programının sonuçları hem muğlak hem de irkilticiydi. Katı bir çerçevede ve tamamen pasif bir durumda tutulan özne, dünyayı şeylerin dünyası olarak algılamadığı gibi, kısa bir süre sonra herhangi bir şeyi algılamaktan vazgeçiyordu. Bu sıra dışı keşif, geleneksel yöntemlerle ortaya konulan varsayımlarda, kökünden yanlış bir şeylerin olduğu konusunda psikologları uyarmalıydı. Psikoloji bütün bilimsel uzmanlıkların en tutucusudur; işte bu yüzden algı üzerine çalışan araştırmacıların 19. yüzyıl sonlarında yapılan türden deneylerden şaşmalarını anlayışla karşılamak gerekiyor. Başarı sorunun kalbine inen bir dizi çalışmayla, eski çalışmalarda kullanılan yöntemlerin dayandığı varsayımları soruşturmakla kazanıldı.

Gibson'un varsayımı

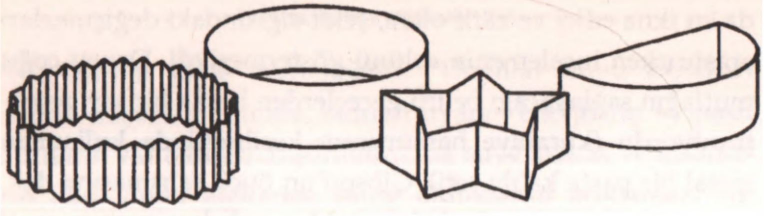
Eski kuram şöyle özetlenebilir: "Duyular duyu kanalları olarak düşünüldüğünde, bunları uyaran enerjilerin ve pasif alıcıların var olduğu düşünülür... bu hayvanların ve insanların nasıl duyu algılarına sahip olduklarını açıklamaz." (J. J. Gibson, *The Senses Considered as Perceptual Systems*, s. 3). Yeni kuramın temeli basit ama derin bir gözlemdi. Uyarım enerjisinde birçok değişiklik olurken, organizma çevresinde hareket eden belirli bir uyarım enerjisinin "yüksek düzeyli değişkenler"i, yani belirli oranlar ve uyumlar sabit kalırlar. Gibson'un fark ettiği gibi, "Bu değişmezler çevrenin daimi özelliklerine tekabül ederler." Eğer durum buysa, değişiklikleri, belki de hareket eden ve kendi duyu organını fiziksel dünyanın kimi değişmez özelliklerine doğru yönelten organizmanın duyumlarda ortaya çıkardığı değişimlerde aramak gerekir. Bu temelde Gibson, yeni bir kuram formüle etti. "Aktif gözlemci değişen duyumlara rağmen değişmez algılar toplar. "Gözlerin, ağzın ve ellerin hareketleri... değişmeyi sürdürüyor gibidir... duyumun kaynağı da veri girişi düzeyinin değişmezlerini, algı sistemi düzeyinde zaman üzerinden yalıtmak için böyle yapar." Kısaca, değişen duyumlar arasındaki ilişkilerde aktif olarak değişmezler arayarak çevremizi incelemeyi öğreniriz ya da böyle yapmaya programlanmışız. Bu değişmezler fiziksel dünyanın daimi yapılarını temsil ederler. Göründüğü kadarıyla pasif olarak algılamıyoruz ve duyumsal öğeleri algı nesnelerinin yapılarına otomatik olarak entegre etmiyoruz.

Büyük pasta kalıbı deneyi

Gibson, dâhice tasarlanmış birçok deneyi izleyerek, yeni kuramın yararlarını göstermeyi tasarlıyordu. Bunlar arasın-

da en ikna edici ve zarif olanı, şekil algısındaki değişmezleri araştırırken incelemenin rolünü göstermesiydi. Deney çoğu mutfağın sağlayacağı belirli gereçlerden başka bir şey gerektirmiyordu (kurabiye hamurunun kesilmesinde kullanılan metal bir pasta kalıbı seti). Gibson'un öncü çalışmasına dek, psikolojik deneyler aktif duyulardan çok her zaman pasif olanları araştırıyordu. Müller Yasası'na (uyarılan her sinir belirli bir bilinçli niteliğe sahip olur) ve algıların duyumlardan yapıldığı (uyarıların her sinire karşılık bir tane) varsayımına dayanan bir taktikti bu.

Ancak duyular algı sistemleri olarak düşünüldüğünde, sözgelimi el duyarlı bir deri, eklemlerde hareketi kaydeden alıcılarla birlikte hareket eden parmaklar ve bilek içeren bir sistem olarak düşünüldüğünde, çevre değişmezleri, algılanan hareketlerin ve şeylerin değişmez yapısal özelliklerine tekabül eden ve sinirsel "yapılar"ı uyaran sürekli değişen duyumlar arasından seçilebilir. Okuyucunun yapabileceği basit bir deney bunu hemen gösterecektir. İnsan, başını bir yandan bir yana hareket ettirirken dünyayı sabitmiş gibi algılar. Ancak çok açıktır ki, gözün ardındaki retina üzerinde oluşan görüntülerin ya da hareket eden merceklerce düşürülen görüntülerin hem şekil hem de konum itibarıyla değişmesi gerekir. Ama yine de dünya sabitmiş gibi algılanır. Ne var ki, hareket eden bir şey başın üzerinden geçerse, kafa görece sabitse, retinaya düşen görüntülerde benzer değişiklikler olabilir; ancak bu kez dünyadaki şey hareket ediyormuş gibi görünür ve kafa durağan başvuru çerçevesi olarak kabul edilir. Algıdaki bu ayrım retinaya düşen görüntülerde maydana gelenlere dayandırılamaz. Büyük pasta kalıbı deneyi bu düşünceyi bir kademe ileriye götürür ve onu dokunma ile ilgili deneyimlere uygular. Bu, nesnelerin şekilleri ve dokularını elle hissetmeyi olanaklı kılan duyumdur.



Gibson'un deneylerinde kullandığı türden pasta kalıpları.

Şeklin dokunma duyusuyla algılanmasının deri üzerine uyarıcı örnekler eklemekten kaynaklanmadığını göstermek için, pasta kalıbı deneyi yapılmıştı. Deney, şeklin algısının bir algı organı ya da sisteminin, elin ve bağlı olduğu kolun aktif kullanımının ürünü olduğunu gösteriyor. Uyarı örneklerini ve bağlı yönelimleri değiştirmek, yapının değişmezlerini belirlemede, dünyanın gözlemcileri ve inceleyicileri olarak aktif insan unsuruna yardım ediyor.

Burada elimizde çeşitli şekiller var; her biri geometrik şekil itibarıyla diğerinden farklı; her birini, kenarlarının sayıca ve boyutça farklı olmasından, kenarlarının farklı açılarda birbirini kesmesinden ayırt etmek mümkündür. İlk deneyde şekiller elin derisi üzerine belirli bir basınçla bastırıldı. Bu pasif durumdu, deneye katılan kişinin eli bir süre tutularak yapılan işlem ona gösterilmiyordu. Bu durumda deneye katılanlar, deney sayısının %29'unda kalıpların şekillerini doğru olarak tanıyabildiler. Ancak aktif durumda, deneye katılan kişiye istediği biçimde şekli tanıma izni verildi. Böylece duyarlı deri ile nesne arasında göreli bir hareket elde edebilmek için parmaklarını aktif olarak kalıp üzerinde gezdirebildiler. Ayrıca aktif belirleme, bilek, el ve parmak eklemlerinin yönelimini değiştirmişti. Aktif durumda deneye katılanlar, deneylerin %95'inde şekilleri doğru olarak saptadılar.

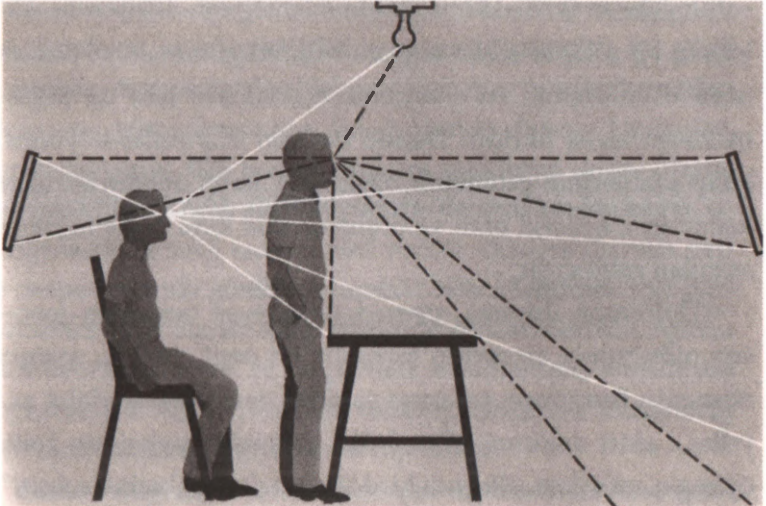
Bunun çarpıcı bir gösteri olduğu söylenebilir; ama geriye kalan olanağı ortadan kaldırmak için ek bir deneyin daha

yapılması gerekiyordu. Pasif durumda el, avuç içi yukarı gelecek şekilde tutuluyordu, pasta kalıbı avuç içinin duyarlı derisine bastırılıyordu. Aktif durumda, pasta kalıbıyla temas kuran çoğu zaman parmak uçlarıydı. Şimdi aktif durumda daha üstün sonuçların, aktif incelemeden kaynaklanmadığı ileri sürülebilir. Çünkü deneyim kazanılan uyarı örneklerinin pasifçe ayırt edilmesinde, parmak uçlarındaki derinin üstünlüğü de söz konusu olabilir. Bu olasılığı ortadan kaldırmak için, her pasta kalıbı ile avuç arasına, sanki elin kendisi şeklin çevresinde dolaşarak onu aktif olarak inceliyormuşçasına, göreli bir hareket vermek gerekliydi. Bu durumda, elin ve kolun tüm algısal sistemi tamamen yüklenmez; çünkü şekli değiştirme kapasitesi ile birlikte parmakların keşfedici gücü kullanılır. Pasta kalıpları bir kez daha avuç içlerine bastırıldı; ama bu kez hafifçe döndürülerek... Bu yöneltmeler sahte bir keşif türü yarattı. Bu durumda deneye katılanlar deneylerin %72'sinde kalıbın şeklini doğru olarak belirlediler. Bu çarpıcı sonuç için en iyi açıklama, kuşkusuz, algının değişen örneklerinin bir şekilde şeklin algısını belirlediği olmalıdır. Bunun nasıl olabildiğinin en ekonomik açıklaması, tam da değişmezlerin algısı fikridir. Deride değişen duyumlar boyunca, kalıp şekillerinin geometrik özellikleri, kalıp döndürüldükçe kenarların, açıların oran ve orantısındaki kimi değişmezlerle sunulan sabitlerdir.

"Dokunma duyusu, uyarıcı neredeyse tamamen formsuz olduğunda, nesnenin formuna iyi denk düşer... uyarıcı nesnenin formunun tasarımı sabitse, denk düşme daha zayıftır... aktif dokunuşta keşfedici parmak hareketinin rolü, öyleyse... duyum akışındaki değişmezleri yalıtabilecektir," der Gibson.

Sonraki çalışmalar

Gibson çalışmalarını her türlü duyu tarzını içerecek şekilde sürdürdü. Bunlardan en ilgi çekeni görme duyusuna ilişkindi. Gibson hareket algısı paradoksunu, bu bölümün başında belirtilen paradoksu, nasıl çözdü? Gözün merceklerinden retinaya düşen görüntü hareket eder; gözlemcinin hareketinden dolayı, dünya durağan görünür, ancak dünyadaki bir şeylerin hareketiyle durağan gözlemcide aynı retinal hareket üretildiğinde, hareketli olarak algılanan dünyadaki şeydi. Çatışkının ardında, Gibson felsefi bir karışıklık, bir kavram kargaşası olduğunu gösterdi. "Retinal görüntünün hareketi yanlış bir kavramdır... retinal görüntüdeki hareket, örneklerdeki değişme retinaya göre kayma değildir." Görsel algılamada retina, kendi görüntüsü üzerine, nesneyi incelerken yanlış oturur. Bir insanın görmesi için, "görsel salınım" deyimiyle adlandırıldığı gibi, gözbebeği bir saniyede yaklaşık 50 kez titremelidir. Bu görsel duyarlılığın en yüksek olduğu noktanın, "fovea"nın görüntüyü hızla taramasını kesinleştirir;



Geometrik sabitlerin, bakış açılarının değiştirilmesiyle gösterimi.

yüksek düzeyli değişmezleri incelemesine, yani sabit oran ve uyumlar aramasına neden olur. Görüntü, retina ve fovea arasındaki ilişkiler hakkındaki düşünce biçimimizin değişmesiyle, çok iyi bilinen olgular kavranabilir örnekler düzeyine iner. Retinal görüntünün retina üzerinde hareket ettiğini düşünmekten vazgeçip retinanın görsel imge üzerinde dolaşıp onu incelediğini düşünürsek görsel salınım noktasını anlayabiliriz.

Gibson'un öncü çalışması, yeni bir çalışma alanının tanımlanmasına yol açtı; ekolojik optik. Bu, inceleyici bir sistem olarak tasarlandığında, bedenin yöneliminin ve insan organizmasını saran enerji akışının aktif incelemesiyle işbirliği yapan gözde merkezlenen görsel sistemin araştırılmasının yolunu açıyordu. Enerji akışlarında sayısız değişmez vardır; ama insanın algı sistemi, yüz milyonlarca yıldan fazla, sadece organizmanın yaşamını sürdürmesine katkıda bulunduğu kanıtlanmış olanları araştırır. Bunlar bu enerji akışının çoğunun kaynaklarının uzay geometrisi ile koordineli değişmezleridir; dünyanın maddi nesneleridir. Algı, retinaya düşen ışığın yapısına dayanmaz; duyu verisi kuramında söz edildiği gibi pasif değildir; değişmezleri açığa çıkarmak için, bedenin konumuyla işbirliği yapan retinal hareketin yol açtığı sürekli değişikliklere dayanır.

Gibson'un en dikkate değer keşiflerinden biri, ekolojik optik üzerine yaptığı çalışmalarda ortaya çıkardığı, bizim dünya algımıza kodlanmış bilgilerin bazılarının duyularda verili olmadığı şeklindeki açık paradokstu. Algı için asli olan bilgi, eklemlerde ve kaslardaki duyarlı sinir uçlarından beyne akar. Ama bu bilinçli olarak bir his veya duyum gibi kayıtlı olamaz; her ne kadar bizim bilinçli olarak tecrübe ettiğimiz ve bilerek incelediğimiz yapıların belirlenmesi için kesinlikle elzem olsa da...

Ek okumalar

Gibson, J. J., "Observations on Active Touch", *Psychological Review*, 69, 1962, s. 477-491.

Gibson, J. J., *The Senses Considered as Perceptual Systems*, Boston, 1966.

Boring, E. G., *Sensation and Perception in the History of Experimental Pyschology*, New York, 1942.

Gregory, R., *The Intelligent Eye*, Londra, 1971.

B

Varoluş Kanıtları

Genelde, bilimsel bilgi herhangi bir tarihsel anda var olduğuna inandığınız şeylerin ve maddelerin, ayrıca bunların davranışlarına ilişkin yasaların bir kataloğunu oluşturur. Önemli bir deneyler grubu, yürürlükteki kataloğa girmesi düşünülen adayların sınanması ile ilgilidir. A. L. Lavoisier'in oksijeni keşfini inceleyeceğimiz ilk örnekte, söz konusu edilen yanmanın maddi bir temelinin olup olmadığı sorusu değildi. Mayow, Scheele ve Pristley, hepsi de bunu az çok göstermişlerdi. Deney maddenin, yani oksijenin, varlıkların kategorisine doğru düzgün yerleştirilmesine yaramıştı. Bu deneyle bilinen bir şey için yafta arandı. Humpry Davy'nin alkalileri ayrıştırması, kuramsal olarak hazırlanan, ama önceden yalıtılmamış yeni bir tür madde ortaya çıkardı. Bu deneyle de bir beklentinin gerçekleştirilmesine çalışıldı. J. J. Thomson bir varoluş kanıtının her iki yönüyle de başa çıkmıştı: Yeni bir tür varlığı, elektrikselliğin nihai maddi birimini tespit etti ve onu uygun kategoriye yerleştirdi. Bu öyle bir kategoriydi ki, tam da bu amaç için geliştirilmiş gibiydi.

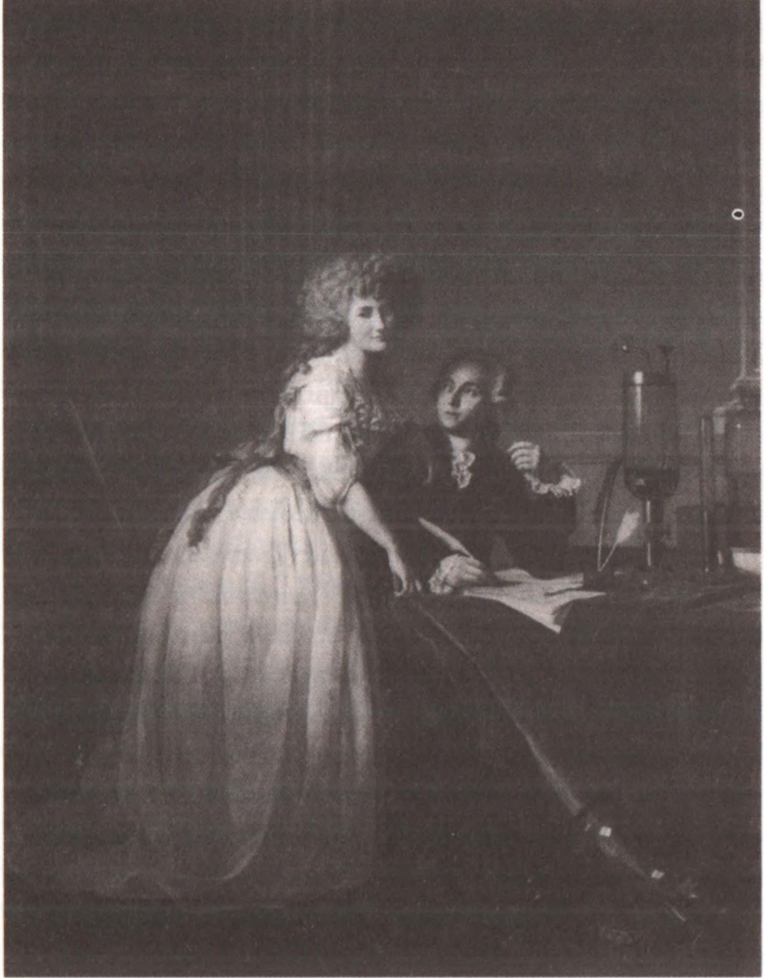
14. A. L. LAVOISIER

Oksijen Varsayımının Kanıtı

Antoine Laurent Lavoisier 1743 yılında Paris'te doğdu. 1794'te yine aynı şehirde idam edilerek öldürüldü. Babası avukattı. Annesi o daha çocukken öldüğü için, teyzelerinden biri tarafından yetiştirildi. College Mazarin'de eğitim gördü, bakaloryasını 1763'te, lisansını 1764'te aldı. Lavoisier iki farklı görevi üstün başarıyla sürdürmeyi başardı. Tahsildar olarak devlet hizmetine girdi. Ama çok genç bir yaşta, büyük bir duyarlık ve canlılıkla bilimsel çalışmalara koyuldu. Tartışmalı geçen bir seçimden sonra, 1769'da Akademi üyeliği onaylandı ve 1778'de maaşlı üye oldu. Tahsildarlıkta da gösterdiği başarı, onu 1780'de Mültezim yaptı.

Eserinin niteliği kendi döneminde yaygınca biliniyordu. 1788'de "Royal Society"ye seçildi. Cavendish'in başlattığı ve Priestley'in geliştirdiği gaz kimyası çalışmalarını geniş bir alana yaymış ve bunları etkili bir şekilde birbirleriyle kıyaslamıştı. Bundan dolayı çalışmalarında İngilizlerin güçlü etkisini görmek mümkündür. 1771'de Marie-Anne Paulze ile evlendi. O da özellikle İngilizce alanında uzmanlaşmış iyi bir dilbilimciydi. Lavoisier eşinden büyük destek gördü. Bayan Lavoisier eşinin yazılarını İngilizceye çeviriyordu. İngiliz yazarların yapıtlarını da Fransızcaya çeviriyordu. Marie Anne Paulze, bir yandan Prusya toplarının namlu imalini

denetlerken, öte yandan sıcaklık üzerine yaptığı gözlemlerle tanınan sıra dışı bir bilim serüvencisi Kont Rumford ile evlenmekle hayat kurtarmıştı. Berzelius, Lavoisier'in ölümünden çok sonra Paris'e uğradığı bir sırada, bilimadamlarının doldurduğu bir salonda başkanlık ederken gördüğü Barones Rumford'un heybetli tavırlarını anlatır.



Antoine Lavoisier ve Karısı, Jack-Louis David, 1788. New York, Metropoliten Sanat Müzesi.

1789 Devriminden sonra, Lavoisier yeni kurulan devlet için çalıştı. Metrik sistemi yaymak için çalışan komisyonun üyesiydi. Ama eski düzenin bir aracı olmasının, hem de en haksız kolunun (vergi-toplayıcılar) bir uzantısı olmasının lekesi, üzerinden silinmedi. Diğer Mültezimler gibi tutuklanıp yargılandı. Davası "Devletin aydınlara ihtiyacı yoktur," sözünden ötürü ünlenmiştir. Bu öğreti ister gerçekten savunulsun ister savunulmasın, Lavoisier kötü emellerinden dolayı suçlu bulundu ve 1794'te idam edildi.

Lavoisier'den önce problem

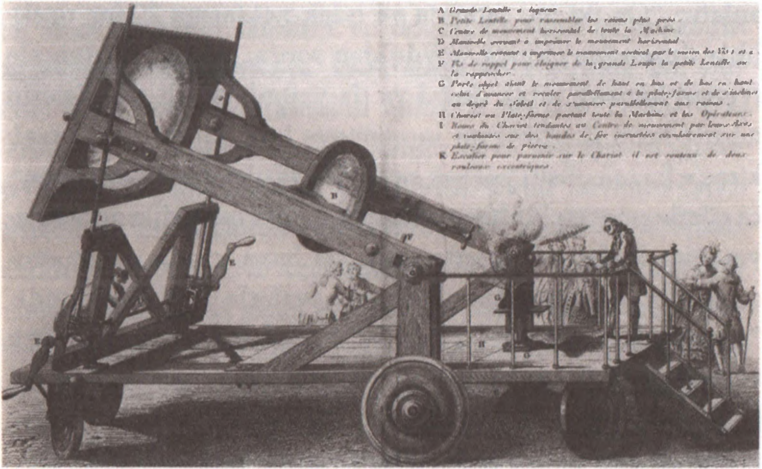
Yanma olgusu, Lavoisier'in deneylerinden en az yüz yıl kadar önce, havanın bileşimi ve doğası ile ilgili çalışmaların çerçevesine oturtulmuştu. Esas adım 1673 yılında bir yerlerde John Mayow tarafından atılmıştı. Mayow (1643-1679) yanma ve solumanın neden olduğu hava seyrelmesi üzerine sistematik araştırmalar yapıyordu. Bunu havanın farklı zerreciklerden oluştuğu ve bunlardan bir türünün yanmada emildiği düşüncesiyle açıklamıştı. Mayow, Oxford'da 1647 yılında yayımlanan toplu yazılarında (Tractatus quinque medico-physici) yer alan *De sal-nitro et spiritu-nitro-aereo* başlıklı çalışmasında şu sonuca varıyor: "... hava, nitro-aerial dediğimiz, ateş için mutlak surette elzem olan birtakım zerrecikler içeriyor, bunlar alev çıkarken havadan çekilip bırakılıyor, böylece ateşi besleyecek durumdan çıkıyorlar." Mayow ayrıca bu zerreciklerin havanın esnek gücünden de sorumlu olduğuna, bunların yokluğunda, havanın, hacmi azaltılarak, çok daha kolayca sıkıştırılabileceğine inanıyordu.

Ne yazık ki, Stephen Hales 1724 yılında bu çalışmaları yineleyerek ve kapsamını genişleterek işe koyulduğunda, esneklik konusuna eğildi ve gazların farklı bileşenleri ile ilgili kuramı bir tarafa bıraktı. Sınırlı miktarda hava içerisinde yanan

mumun yarattığı etkiyi, azalan hacim miktarının, "mumun yanmasıyla esnekliği yok olan havanın miktarına eşit olması" varsayımı ile açıkladı (Vegetable Staticks, s. 131, Alıntı CVI). Bu düşünceyi hava solunumuna da uygulayarak, içindeki havadan birkaç nefes alınmış bir kesenin gevşek görüntüsünü ve "ciğerlerimin oldukça solgunlaştığını açıkça hissediyor" olmasını, "havanın canlandırıcı ruhunun tüketilmesi ve yitirilmesi yüzünden değil, havanın esnekliğinin hatırı sayılır bir bölümünün yok olmasından başka bir nedene atfedilemeyeceği" sonucuna vardı. Sonraki adım, Priestley'in havanın solunabilir kısmını başka araçlarla tamamlama yolları bulmasıydı. *Hava Üzerine Gözlemler*'inde 1774'te yapılan bir deneyi anlatır: "On iki inç çapında ve odak noktasına 20 inç uzaklıkta duran bir mercek koyduktan sonra..., onun yardımıyla (yanan bir cam gibi), doğal ya da yapıntı çeşitli maddelerin ne tür hava ürettiklerini incelemeye koyuldum." 'Saf cıvalı kireç'e [cıvalı oksit] yüksek sıcaklık uygulayarak, suda kolayca çözünemeyen bir hava elde etti. "Ama beni, dile getiremeyeceğim kadar çok şaşırtan şey, bu hava içinde yanan mumun alev ve sıcaklığının" diğer havalarla kıyaslandığında, "muazzam olmasıydı." Priestley, bu havayı solumaya çalıştı ve onda hoş ve canlandırıcı bir uyarıcı etkisi sezdi. "Kim bilir, belki de zamanla, bu saf hava lüks şeyler arasında rağbet görür. Şu ana dek sadece iki fare ve ben bunu koklama ayrıcalığına sahip olduk."

Heyhat! Priestley buluşunu tamamen yanlış yorumladı. Mayow'un düşüncesini izlemedi. Bu yol onu, ürettiği "yapıntı hava"yı atmosferin solunabilir parçasıyla özdeşleştirmeye götürebilirdi. Hales gibi o da bir kuramın yandaşıydı. Her ikisinin doğru gördükleri kuramlar farklıydı belki ama, Priestley'inki, eldeki sonuçları yanlış yorumlamasına yol açan bir kuramdı. Flojiston varsayımına inanıyordu. Bu ku-

rama göre, yanma ve solunum süresince flojiston adı verilen, "[havayı] solunum ve alevlendirme için elverişsiz hale getiren, onu değiştiren" bir madde açığa çıkıyordu. Atmosferik havanın basit, temel bir madde olduğuna da inandığından, buluşunu atmosferik havadan daha az flojiston içeren bir hava karışımı şeklinde yorumlaması gerekmişti. Bu hava, işte bu nedenle, yanmayı ve solunumu beslemek için, atmosferik havadan daha elverişliydi. Priestley şu sonuca vardı: "Havayı atmosferik havadan daha saf hale getirebiliriz, yani flojistondan arındırılmış bir hava... atmosferdeki havadan daha az flojiston içeren bir hava elde edebiliriz."



Kısmen Lavoisier'in gözetimi altında, Paris Bilimler Akademisi tarafından yaptırılan dev mercek.

Deney

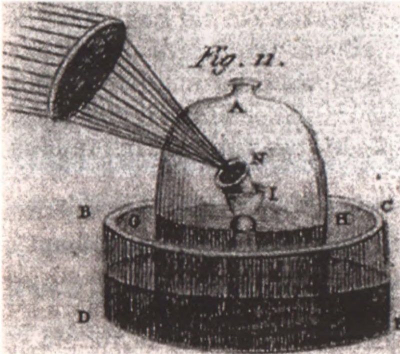
Lavoisier'in çözümü basitti. Mayow'un düşüncesini, yani havanın, biri solunabilir ve yanmayı besleyen, öteki 'zehirleyici' ve yaşamı beslemeyen iki tür 'hava' ya da gaz karışımı olduğu düşüncesini yeniden ele adı. Priestley'in kuramını ve

kimyasal olgulara ilişkin yorumlarını gözden geçirirken, "durumun farklı olduğuna dair hislerimi güçlendirdi, hem zaten ben, yanmadan sonra atmosferik hava kalıntısının zehirleyici kısım olduğuna, yanmanın dörtte üçünü oluşturduğuna, saf, solunabilir halini az ya da çok yitirdiğine dair bazı kanıtlar göstermiştim," diyor. Bu görüşün deneysel testi, ki bu Priestley'in düşüncelerini de çürütecekti, solunabilir kısmı toz haline getirerek katılaştırmak, sonra onu birleşmiş olduğu maddeden çıkartmak, son olarak da gaz kalıntıya katmaktı. Eğer bu tekrar sıradan havayı üretiyorsa, sorun çözülmüş demekti. "Eğer, Dr. Priestley'in düşündüğü gibi, bu hava [kalıntı hava] kendisini yararsız kılan bir unsur tarafından kirletilseydi, yitirdiği kısmı ona geri kazandırmak yeterli olmazdı. Ama onu tekrar adi hava durumuna getirmek için, bu kirletici maddeyi de ondan ayırmak gerekir."

Lavoisier, nefis bir ironiyle, Priestley'in saf hava hazırlamakta kullandığı yöntemin aynısını (yani cıva oksidi ısıtmak), havanın kayıp kısmını geri kazandırmak için kullandı. Ama buradaki numara şuydu: Cıva oksidin kendisi zaten cıvanın, alınan hava örneği içinde yavaş yanmasından oluşmuştu.

Lavoisier deneyi şöyle anlatıyor: "Uygun bir aygıtta, bunu çizim olmadan tasvir etmek zor, elli inç küp adi hava hapsedildi; buna çok saf cıvadan dört ons koyup, on iki gün süreyle orda tutarak, hemen hemen kaynama derecesine yakın bir sıcaklık altında kireçleştirmeye [okside etmeye] koyuldum. ... On ikinci gün ateşi söndürüp kabı soğuttuktan sonra, bunların içerdiği havanın ... hacminin 1/6'sı kadar azaldığını gözledim: Aynı zamanda önemli bir miktar, aşağı yukarı kırk beş grain [0,325 gram], kireçleşmiş [oksitlenmiş] cıva oluştu, bu durumda azalan hava mumları söndürdü... Kısaca, tamamen zehirleyici duruma indirgenmiş oldu."

Deneyin arkasındaki kilit uslamlama Lavoisier tarafından şöyle anlatılıyor: "Dr Priestley'in ve benim yaptığım deneylerde kanıtlanmıştır ki, kireçleşmiş cıva sadece bu metal ile onun ağırlığının yaklaşık 1/12'si kadar, deyim yerindeyse, adi havadan daha iyi ve solunuma daha uygun havanın karışımıdır: Söz konusu deneyde kanıtlandığı üzere cıvanın, kireçleşmiş haliyle, havanın en iyi ve solunuma en uygun kısmını emdiği ve geriye zehirli ve teneffüs edilemez kısmının kaldığı görülüyor." Şimdi yapılacak tüm iş emilen havayı yeniden kazanıp zehirli kalıntıya geri vermekti. Lavoisier'in yaptığı işte buydu. "Önceki deneyde oluşan kırk beş gram kireçleşmiş cıvayı ihtimamla topladım; ve bunu küçük bir cam imbiğe koydum. İmbiğin boğazı, ters çevrilerek suya kapatılmış bir cam fanusun altından geçebilecek şekilde kıvrılmıştı. Su miktarını hiç artırmamış, giderek azaltmıştım. Bu işlemle, kireçlenme sırasında emilen havanın hemen hemen tamamını yeniden elde ettim... o işlemle bozulmuş hava ile yeniden birleştirildiği zaman, sonraki tamamen düzeldi, kireçleştirilmeden önceki durumuna, yani adi hava durumuna döndü."



Lavoisier'in düzeneği, *Elements of Chemistry*'den, Edinburgh, (1799), Tablo IV.

Mesele hallolmuştu neredeyse. Atılacak bir iki adım daha kalmıştı. Oksidasyon ile solunumu bir araya getirmek ortaya yeni bir kuram çıkarıyordu. Bu amaçla Lavoisier, solunum

işlemi üzerine biraz daha sıkı çalıştı. Lavoisier, "solunumla kirlenen havanın, 1/6 oranında kireçten elde edilene tamamıyla benzer, hava halinde asit içerdiğini" gösterdi. Solunum işleminde solunabilecek hava emiliyor, şimdiki deyimle, karbondioksit dışarı atılıyordu. Ama kimi tahminler biraz yoldan çıkmıştı. İşte bir tanesi: "Bu metaller tamamen solunabilir hava ile güzel, kırmızı cürufiar oluşturuyor, ...şimdi kanın renginin kırmızı olmasını, onun flojistondan arınmış hava ile birleşmesine bağlayamaz mıyız?" Çok daha yaygın terim "oksijen" yerine kullanılan bu tuhaf deyim, Priestley'in kendi buluşunu açıklamasını andırıyor. Eğer oksijen, ısıtma yoluyla cıva posasından ayrıştırılıyor ve cıva eski haline getirilebiliyorsa, flojiston kuramının karman çorman dünyasında, sonuç, oksijen açığa çıkmasıyla değil, havadan flojiston emilmesiyle doğrulanır. Öyleyse sonuç flojistondan arındırılmış hava olmalıdır.

Deney, hassas ölçülerle çalışıldığında, az bir çaba gerektiriyordu. Sadece yanma ilkesi ortaya konmuştu bu deneyle. Lavoisier, yanma üzerine niceliksel çalışmalara da girişti. Teçhizatın hantallığına karşın, şaşırtıcı doğruluktaydı bunlar. Kireçleşme süresince emiş için gerekli olan havayı, soğutma işleminden sonra imbiğe çekerek, bu havanın miktarını ölçtü. Emilen havanın ağırlığını tahmin edebilmişti. Bu deneylerde, farklı bir metal, kalay kullandı. Kireçleşmeden önce ve sonraki kalay miktarını ölçerek, cüruf ya da oksit oluşturmak için ne kadar oksijen kullanıldığını hesaplayabildi. Modern standartlarla karşılaştırıldığında sonuçlar ikna edici görünmüyor. Ne var ki, kireçleşme sırasında havanın kaybettiği ama kalayın kazandığı ağırlığa ilişkin açıklaması, oksit kazanıldıkça havadaki oksijenden aynı miktarda kaybedildiği tezi ile uyumluydu.



Lavoisier'in laboratuvarının genel görünümü. Eduard Grimaux'un (1734-1794) Lavosier'ın adlı gravürü.

Oksijen kimyası ile ilgili sonraki çalışmalar

Lavoisier'den sonra gazların kimyasında görülen gelişmeler, Mayow'un başlattığı, Cavendish ve Priestley'in yeniden düzenlediği ve Lavoisier'in zekâsında yukarıda anlatıldığı gibi filizlenen deneyler türünde radikal yeniliklerden çok, birbirini izleyen yenileştirmeler şeklindedir. Çok daha doğru niceliksel yöntemler 19. yüzyılda ortaya çıktı. Ancak bu yöntemlerle çeşitli kimyasal etkileşimlerde birleştirilen gazların ağırlıkları ile bu şekilde oluşturulan bileşiklerin ağırlığında görülen artışlar arasında kesin karşılaştırmalar yapmak olanaklı olabilirdi. Lavoisier inorganik maddeler kimyasında oksijenin yerini ciddi bir biçimde yanlış anlamıştı. Anlaşıldığı kadarıyla, Lavoisier eski düşüncelerden kendisini tamamen kurtaramamıştı. Ateş söz konusu olduğunda, flojiston ile ateş arasında özel bir etkileşim olduğu, sözgelimi ateşin havanın esnekliği üzerindeki etkisinde bunun belirginleştiği düşünülüyordu. Lavoisier oksijenin asitlerin birincil aktif bi-

leşeni olduğunu düşünmüştü. Onun gazlar için kullandığı, "asit üretici" anlamına gelen "oksijen" terimini işte bu hataya borçluyuz. Ama bu, asitlerin gerçek mahiyetinin ortaya çıkarılmasından yaklaşık kırk yıl kadar önceydi.

Deneyi nasıl yorumlamalıyız? Lavoisier'in oksijeni *keşfettiğini* söylemek tamamen doğru olmayacaktır. Hem sonra, Mayow da, Priestley de bir malzemeyi belirlemişlerdi. Ama Mayow *spiritus nitro-aereus*'u keşfetti, Priestley ise, flojistondan arındırılmış havayı... Olgusal bir meseleyle uğraşmıyoruz, ama bilinen olguları bir düzene koymakta kullanılan rakip kavramsallaştırmaların ne derece uygun olduğunu sınıyoruz; burada "madde"nin varoluşu söz konusu edilmemektedir.

Ek okumalar

Lavoisier, A. L. *Essays on the Effects Produced by Various Processes on Atmospheric Air*, çev. T. Henry, Warrington, 1783.

Priestley, J., *Observations on Air*, Londra, 1774.

Geurlac, H., *Lavoisier - The Crucial Year*, Ithaca, N. Y., 1961.

Leicester, H. M. ve Klicstein, H. S., *A Source Book in Chemistry*, New York, 1952, 23. Bölüm.

McKie, D., *Antoine Lavoisier, the Father of Modern Chemistry*, Philadelphia, 1935.

15. HUMPRY DAVY

Yeni Elementlerin Elektrolitik Yalıtımı


Humpry Davy

Humpry Davy, 1778 yılında, Cornwall'e bağlı Penzance'da dünyaya geldi. Babası yoksul bir tahta oymacısıydı. Çocuk yaşta babasız kaldı. Annesi Grace, kadın şapkası satan bir mağazada çalışarak aileyi geçindirmek zorunda kaldı. Davy 1795'te bir cerrahın yanında çıraklığa verildi. Çıraklığı süresince kendini yetiştirmek üzere büyük çabalar harcadı. Dil öğrenmek, felsefi ve bilimsel eserleri okumak, emeğinin karşılıkları arasındaydı.

Belli ki bunlar onu çok iyi etkilemiş, 1798'de Beddoes'ın Bristol Pnömatik Enstitüsü'ne girdi. Beddoes geniş bir bilim ve edebiyat çevresinin merkeziydi. Davy, Coleridge ve Southey ile orada tanıştı. Coleridge'in Davy'i üzerindeki etkisi büyük oldu. Bu özellikle onun Immanuel Kant'ın felsefesine olan yakınlığında görülür. Davy'nin kuramsallaştırma tarzında Kantçı dünya görüşünden etkilendiği görülüyor. Pnömatik Enstitüsü'ndeyken gazların tıbbi ve sağaltıcı özellikleri üzerine yürütülen sistematik bir çalışmayı inceledi. 1800'de

di-nitro oksit (gülme gazı) ile ilgili bir kitap yayımladı. Yapıt büyük başarı kazanmıştı; onun bu alanda ün yapmasını sağladı.

Davy'in ilk bilimsel yazılarından çoğu fiziksel etkime ile ilgili 'madde' kuramlarına karşı bir saldırıdır. Bu kuramların tipik özelliği, bir cismin başka bir cisim üzerindeki etkisini açıklamak için gözlemlenemeyen bir aracı maddeden söz etmelidir. Sözgelimi, elektriğin etkileri açıklanırken, elektriksel akışkan bir boyut olarak kabul edilir. Davy, özellikle Lavoisier'in, sıcaklık olgusunu açıklamak için gizemli 'ısı maddesi'ne (caloric) başvurmasına sert bir tavır almıştı. Kantçı eğilimi sayesinde, büyük Sırp kuramsal fizikçisi R. J. Boscovich'in ve tabii Kant'ın kuramlarından türetilen çekici ve itici güçler varsayımına dayanan kuramları tercih etmişti.

1801'de Davy ders vermek üzere Kraliyet Enstitüsü'ne atandı. Burada muazzam bir başarı kazandı. Gösteri yaptığı derslerden birine neredeyse bin kişi çekebiliyordu. 1803'te Royal Society'ye seçildi. Uygulamalı sanatlara çeşitli kimyasal uygulamaları taşıyan çalışmaları nedeniyle, 1805'te bu topluluğun Copley Madalyası ile ödüllendirildi.

Davy aşağı yukarı 1806'dan itibaren elektro-kimya üzerine sistematik çalışmalara başladı. Çözümleme yöntemi olarak, ana metinde anlatacağım elektrik dalgalarının kullanım alanını genişletti. Bu da yine çekici ve itici güçler kuramına ve elektriğin, elektrolizden geçirilmiş sıvı içindeki fiziksel aktarımına dayanıyordu. Davy'nin kuramı, bugün çözeltilerde elektrik iletiminin 'iyonik' şeması dediğimiz şeyin temelini attı. Kimyasal ilişkinin elektriksel temelleri olduğuna inanmıştı. Bu yeni yöntemleri kullanarak sadece potasyum ve sodyumu yalıtmakla kalmayıp magnezyum, kalsiyum, bor ve silikonu da yalıttı.



Halkın Davy'nin deneylerini algılayışını yansıtan mizahi bir betimleme. 1802 yılına ait bu karikatürde, Dr. Thomas Young Kraliyet Enstitüsü'nde bir deney yapıyor ve Davy de ona yardım ediyor.

O zamanlar, Lavoisier'in oksijenin asitlerin kökü olduğuna dair kuramı geniş kabul görüyordu. Ama Davy kendisinin yeni metallerinin oksitlerinin alkali olduğunu anladı. Lavoisier'in oksijenin asit içindeki rolüne ilişkin görüşü yanlış gibi görünüyordu. Davy'e göre, maddelerin kimyasal özelliklerini belirleyen, sadece onların bileşenlerinin doğası değil, aynı zamanda düzenleniş tarzları olmalıydı. 1810'da oksijenin asitlerin hepsinde vazgeçilmez bir bileşen olmadığını bulguladı. Hidroklorik asit analiz edildiğinde, hidrojen ve yanlışlıkla oksijen olduğu düşünülen başka bir madde açığa çıkıyordu. Hiç kimse, hatta kendisi bile bunu öğelerine ayrıştıramayacağından (bunlardan biri oksijen de olabilirdi), Davy bunun gerçekten bir element olduğunu düşündü. Sonradan bunu kanıtladı ve bizim klor dediğimiz maddeyi keşfetti.

Davy kimyasal ve fiziksel uygulamaların endüstriyel amaçlarla kullanılmasına her zaman yakın ilgi duyuyordu. 1812'de şövalye unvanı aldı ve hemen zengin bir dul olan Jane Apreece ile evlendi. Zamanla Jane çok talepkâr ve bezdirici bir kadın olmaya başlamıştı. Giderek çevresindekileri, hatta 1813 yılında Davy'nin asistanlığına getirilen Michael Faraday'ı bile kendine düşman etti. İşte o yıl, Davy ve Faraday tüm kıtayı kapsayan bir geziye çıktılar. Yolda Paris'e uğrayıp, İngiltere ile Fransa'nın savaşa tutuştuğu bir dönemde, Napoléon'dan, bilimsel çalışmalarından ötürü madalya bile almıştı. Bayan Davy, Faraday'a uşak muamelesi yapıyordu. Faraday'ın asla unutmadığı ve bağışlamadığı bir davranıştı bu. Davy, 1815'te İngiltere'ye döner dönmez, kendini maden ocaklarındaki patlama sorunlarıyla karşı karşıya buldu. Onun meşhur Güvenli Lambası da işte burdan gelir.

Davy'nin afyon tutkunu olduğu sanılıyor. Şairlerle ilişkileri, şiir tutkusu ve güçlü romantizmi buna yol açmıştı. Tek kitabı *Consolations in Travel*'da betimlenen görüntüler Castaneda ve benzerlerini okuyanlara çok tanıdık gelecektir. Davy'nin sağlığı orta yaşlarına doğru hızla bozulmaya başladı. 1827'de geçirdiği bir krizden sonra, yaşamının geri kalan kısmını Avrupa'nın bir yerinden diğerine taşınarak, yalnızlık ve depresyon içinde geçirdi. 1829'da Cenova'da öldü.

Davy'den önce elektroliz

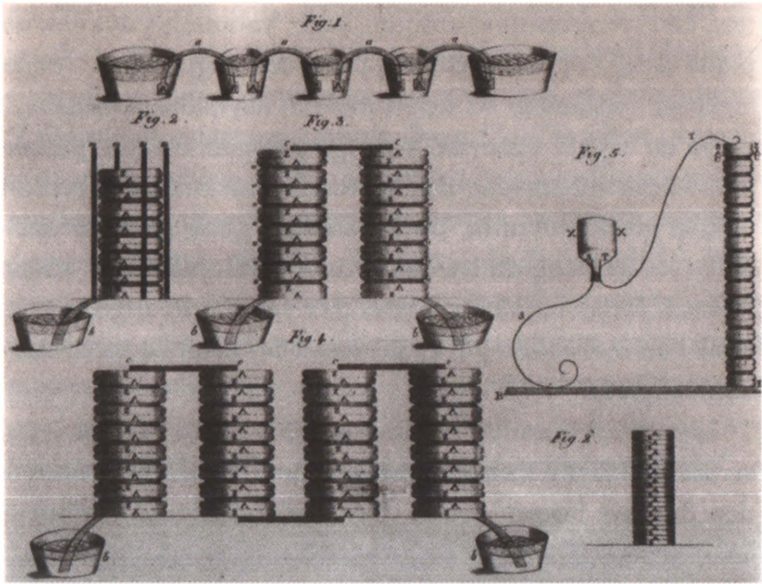
Bileşiklerin elektrik uygulanarak ayrıştırılması olarak tanımlayabileceğimiz elektrolizin pratik bir çözüm haline getirilebilmesi için, kesintisiz elektrik akımı üretebilecek bir kaynağa ihtiyaç vardı. Elektroliz düşüncesi ile akümülatör ya da bataryanın teknik temelleri birlikte doğdu. Keşfe giden ilk adım, 1791'de Galvani'nin elektrik akımlarının kas gerilimle-

rine yol açtığını göstermesiydi. İki farklı metalin birleşim yerine temas edecek şekilde asılmış bir çift kurbağa bacağının, rastlantıyla metaller birbirine değdiğinde kasıldığını fark etti. 1800'lerde Alessandro Volta, kas büzülmesi ve farklı metallerin temasıyla elektrik üretilmesi konusunda sistematik bir çalışma yürütüyordu.

Volta tuzlu suya batırılmış ve aralarına konulan kartlarla birbirlerinden ayrılmış bir yığın madeni paradan düzgün bir akış halinde, kesintisiz elektrik üretmeyi başardı. Sonraki, adım metalleri ayrı ayrı kaplarda tutarak çiftler halinde düzenleyip, sonra her biri çözelti içeren bu kapları metal şeritlerle birbirine bağlamaktı. Bu ilk sulu bataryaydı. Bizim kullandığımız kurşun ve asitli aküler bunun özbeöz torunlarıdır. Uzun süre, sürekli akım elde edilmesi göz alıcı yepyeni etkiler yarattı. Özellikle, çok geçmeden elektrotlardan gaz çıktığı, çıkan gazların oksijen ve hidrojen olduğu görüldü.

Deney

Davy alkalileri, sıvı çözeltilerden geçirdiği elektrik akımıyla ayrıştırmak için çeşitli girişimlerde bulundu. Ama anladı ki, "Şiddetli bir etkime olmasına rağmen, sadece çözeltilerin suyu etkilendi, hidrojen ve oksijen serbest kaldı." Eğer deney başarıya ulaşmazsa, yani potas suda çözünürken potasyum metali görülmezse, eğer ortada su olmazsa ne olacaktı? Bu yüzden eritilmiş potasla deneyi tekrarladı. Etkiler göz alıcıydı. Kaşık, bataryanın pozitif ucuna bağlandı. Negatif bağlantı ise, bir platin telle erimiş potasa daldırılarak yapıldı. Telin negatif ucunda parlak bir ışık çaktı ve temas noktasından bir ateş sütunu yükseldi. Ne var ki kutuplar ters çevrildiğinde, "potastan, atmosferde patlayan, havamsı kabarcıklar yükseldi."



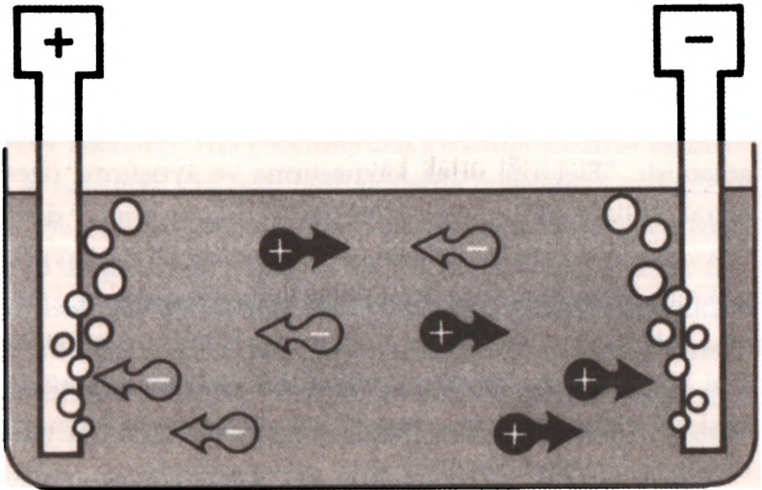
"Volta pili"ne ait 1800'lerde yapılmış bir çizim.

Bu ve buna benzer deneylerden Davy, negatif kutuptan kendine özgü birtakım şeylerin türediğini, ama yakından incelendiğinde bunların toplanamadığını ve korunmadığını anlamıştı. "Elektriği ortak kaynaştırma ve ayrıştırma öğesi olarak kullanmakla, yalnızca almak istediğimi aldım," diyor Davy. Kaşıkla yapılan deneylerde potasın dışsal bir kaynakla ısıtılması gerekiyordu. Katı potas iletken olmasa da, Davy onu iletken yapmak için bir miktar nemlendirmenin yeteceğini biliyordu. Bu durumda, dışsal bir elektrik kaynağının kuşkulu etkisi olmaksızın elektriksel güçle hazırca kaynaştırılıyor ya da ayrıştırılıyordu.

Sonunda bu yöntemle amacına ulaştı. Knight, Davy'nin yaşamöyküsünde şunları söylüyor: Davy en sonunda kabarcıkları ayrıştırdığında "laboratuvarın çevresinde dans etti." Biraz havaya maruz bırakılarak nemlendirilen bir parça po-

tası, bataryanın negatif kutbuna bağlı, yalıtılmış yuvarlak bir platin tabağa koydu. Pozitif uç platin tele bağlanmıştı. "Potas elektriğe bağlandığı iki uçtan itibaren kaynamaya başladı ... alt ya da negatif yüzeyde, yükseğe sıçrayan, metalik parlaklıkta küçük kabarcıklar dışında, esnek akışkanın [gaz] serbest kaldığı görünmüyordu. Bu kabarcıklar gözle görünür özellikleriyle parlak gümüşe benziyor, kimisi oluştukları andan itibaren parlak bir alevle, patlayarak yanıyordu, diğerleri kalarak katılaştı, en son yüzeyde oluşan beyaz bir kaymak üzerlerini kapladı."

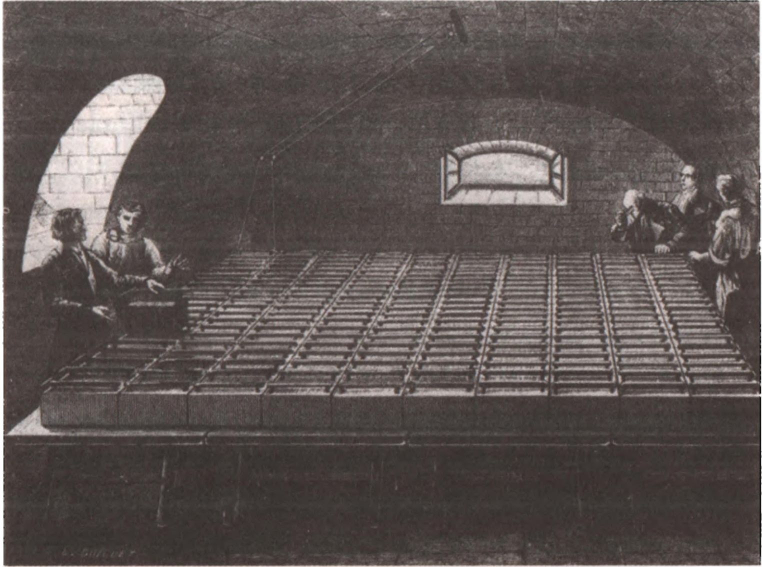
İşte nihayet aradığı madde, potasın "kökü" (potas bazı) serbest haldeydi. Çok geçmeden aygıtın yapıldığı malzemeden (potasın bileşeni olsun diye böyle yapılmıştı) bağımsız üretildiğini gösterdi. Soda, benzer bir etki gösterdi. Peki bu gümüşi kabarcıklar neydi?



İyonların göçü.

Metalik kabarcıklar havada kaldığında beyaz bir kabukla kaplanıyordu. Bu da potasın yeniden oluştuğunu kanıtlıyor-

du. Saf oksijende potas kabuk hemen oluşuyor, ama onu çözecek su olmadığı sürece, kabuk, altındaki maddeyi oksijenin ek saldırılarından koruyordu. Deney, potası ve sodayı farklı "kökler"e ve oksijene ayrıştırdı. Davy, "kök"ü tekrar potas ve sodaya dönüştürmek için oksijenden başka hiçbir şey gerekmezken, negatif uçtan oksijenin, sadece ve sadece oksijenin serbest kaldığını gösterdi. Bu, Davy'nin ileri sürdüğü, kimyasal etkimeye ilişkin elektrik kuramına iyi uyuyordu. Onun özetlediği gibi, "sabit alkalilerin yanıcı kökleri diğer yanıcı maddelerde olduğu gibi pozitif yüklü yüzeylerde itiliyor, negatif elektrikli yüzeylerde çekiliyordu. Ne var ki, oksijen söz konusu olduğunda bu durumun tersi gerçekleşmekteydi."



Kraliyet Enstitüsü'ndeki büyük pil. Bu pil Davy'nin elektrik deneylerinde kullandığı ana elektrik kaynağıydı.

Davy, sonunda kabarcıkları (naftalin ile tepkimeye girmemeleri onun keşfiyle kolaylaşmıştı) sabırla toplayarak, yeni

maddelerin örneklerini oluşturdu. Bunların iyi birer ısı ve elektrik iletkeni olduğunu gördü. Ama bunlar ana özellikleriyle kıyaslandığında metallere çok benzese de, görülmedik ölçüde hafiflerdi. Özgül ağırlıkları sudan daha azdı. Kimyasal olarak, özellikle suyla tepkimeye girmede, çok aktiftiler. Davy bu maddelerle yaptığı kimi deneyleri anlatır. Deneylerde bu maddeler adeta birleşecek su arıyorlardı. Benzer biçimde tam bir oksijen avcısıydılar. Diğer metal oksitleri indirgemek, yani bu metallerden oksijeni çıkarmak için çok elverişliydiler. Davy, felsefi bilgi edinmiş birçok kişinin görüşlerine başvurarak, bu bazların gerçekten metal olduklarına inandı. Bunlara 'Potasyum' ve 'Sodyum' adlarını verdi. İngilizcedeki 'potasium' sözcüğünü 'potassium' şeklinde değiştirerek modern kullanıma uyguladı. Ona göre bu sözcüklerin türetimi "zarif olmaktan öte, önemli" olabilirdi. Ama, "metallerin ayrışmasına ilişkin kuramda değişiklik olsun ya da olmasın, bu terimler yararlıdır, çünkü hepsi de potas ve sodadan türetilen metali simgeliyor." Davy, kurama düşkün bir kimsenin, özellikle, elektro-kimya alanında buluşların hızla ve yoğunlukla birbirini izlediği bir dönemde terimleri seçerken dikkatli olması gerektiğini düşünüyordu.

Deneyin, yeni metallerin, bunların kimyasal özelliklerinin ve amonyum hidroksit çalışmalarının sonuçlarından bir çıkarım daha yapmak olasıdır. Tüm alkalilerde oksijen vardı, sabit alkalilerde, potasta ve sodada metal ile oksijenden başka bir şey yoktu. Ama Lavoisier'e göre oksijen asitin ilkesiydi. Gerçekten de 'oksijen' sözcüğü bu anlama geliyordu. Davy, ne var ki diyor, "oksijenin tüm gerçek alkalilerde var olan bir öğe olduğu düşünülebilir öyleyse; Fransız nomenklatüründe asit ilkesi benzer biçimde *alkalescence* şeklinde adlandırılabilirdi."

Davy'den sonra elektroliz

Elektroliz ayrıştırma yöntemlerinde görülen daha sonraki gelişmeler çoğunlukla endüstriyel uygulamalarla sınırlıdır. Yeni öğelerin ayrıştırılması giderek kimyasal analiz konusu haline geldi. Curielerin radyumu ayrıştırmaları gibi, analiz alanındaki bilgece buluşlar, elemanter maddelerin bileşiklerine denk düşen farklı çözünürlüklerin ayrıştırılmasına yarayacak kimyasal tepkimelerin bulunmasına dayanıyordu. Elektro-kimya kuramı Davy'yi hafif metallerin oksitlerin kökü olduğuna inandırmıştı. İşte bu kuram bunları açığa çıkaracak araçları öngörmüştü.

Ek okumalar

Davy, H., "The Bakerian Lecture", *Philosophical Transactions of the Royal Society*, Birinci Kısım, 1808, s. 1-44.

Davy, J., *Memoirs of the Life of Sir Humphry Davy, Bart.*, Londra, 1836.

Hartley, H., *Humpry Davy*, Londra, 1967.

Knight, D. M., "Davy", Gillispie, C. C. (ed.), *Dictionary of Scientific Biography*, cilt 3, New York, 1971.

16. J. J. THOMSON

Elektronun Keşfi



J. J. Thomson laboratuvarında.

Joseph John Thomson 1856'da Manchester yakınlarında orta sınıf bir kitapçı ve yayıncının oğlu olarak dünyaya geldi. Ailesinin beklentilerine uygun olarak özel bir gündüz okulunda eğitim gördü. Babası oğlunun bir mühendis olarak yetişmesini istiyordu; onun için bir çıraklık ayarladı. Ancak boş bir yer için beklerken Thomson, 14 gibi dikkat çekecek kadar erken bir yaşta Owen Koleji'nde okumaya başladı. Babası

kısa bir süre sonra öldü. Çıraklık primini karşılayacak para yoktu ailede. Neyse ki Thomson Owen Koleji'nde öğrenimini sürdürebilmek üzere bir burs kazandı. Orada J. H. Poynting ve Sir Arthur Schuster gibi seçkin bilimadamlarının etkisine girdi. Schuster, iyonlaşma ve gazlardan elektrik geçirme konularında ilerleme kaydetmiş yetenekli bir deneyciydi.

1876'da Thomson Cambridge Trinity College'de matematik okumak üzere bir burs kazandı. Bir öğrenci olarak çok başarılı bir kariyere sahipti. 1881'de kolejin üyeliğine seçildi. İlk çalışmaları, elektriksel olguların çeşitli mekanik modellerinin uygulanabilirliğini göstermek amacıyla biçimsel tekniklerden yararlanan matematiksel çalışmalardı.

1884'te çok az pratik deneyimi olmasına karşın, beklenmedik bir biçimde Deneysel Fizik Cavendish Laboratuvarı'na, profesör unvanıyla, Rayleigh'ın halefi olarak seçildi. Aynı yıl Royal Society üyeliğine kabul edildi. Alman ve İngiliz düşünce okulları arasında süregiden uzun tartışma çerçevesinde gaz akışı üzerine çalışmaya koyuldu. Almanlar esir-dalga kuramından, İngilizler ise tanecik modelinden yanaydılar. Bu tartışma onu elinizdeki metinde aktaracağımız deneylere yöneltti.

Thomson 1890'da Rosa Paget'le evlendi. Biri oğlan, biri kız iki çocukları oldu. Oğlan büyüyecek ve kendi kendini yetiştirerek önemli fizikçilerden G. P. Thomson olacaktı.

Cavendish'teki hükümranlığı boyunca kendisine verilen "J. J." adıyla Thomson, yalnızca kendi deneysel araştırmalarıyla uğraşmakla kalmayıp, sorumluluğunu üstlendiği bilimadamı grupları tarafından yürütülen sistematik araştırma programlarına katkıda bulundu. Bursları finanse edebilmek için düzenlenen 1851 Sergisi'nin gelirlerinden yararlanmak ve mezun öğrencilerin araştırma programlarına kabul edilmelerini düzenleyen üniversite kurallarını yumuşatmak, Thomson'a

güçlü bir araştırma okulu kurma olanağı verdi. Okul yalnızca konusunda ilerlemekle kalmıyor, aynı zamanda Britanya İmparatorluğu'nun bürokratlarını da yetiştiriyordu. Bilimin örgütlenmesi Thomson'u fazlasıyla ilgilendiriyordu. Bilimsel ve Endüstriyel Araştırmalar Bölümü'nün fonlar komitesinde ve bir üye olarak bölümün İstişare Heyetimde sekiz yıl boyunca çalıştı. Yatırım konularında özel bir yeteneği olduğu söylenir. Kişisel olarak hali vakti yerinde olduğundan da şüphe edilemez. Thomson koyu bir dindardı ve kiliseye düzenli olarak devam ederdi.

Thomson birçok açıdan İngiliz bilim hayatında Newton kadar belirleyici oldu. 1906'da Nobel Ödülü'nü kazandı. 1915'de 1920'ye kadar Birinci Dünya Savaşı boyunca etkinliklerini yöneterek Royal Society'e başkanlık etti. 1918'de Trinity College'in başına geçti. 1919'da yerini Ernest Rutherford'a bıraktı. Ancak aktif bilimsel çalışmasını sürdürdü. 1940'da öldü.

Elektriğin atomsallığı; Thomson'dan önce sorun

Faraday'ın elektrolizle ilgili araştırmalarından elde edilen sonuçlar, elektriğin atomik olduğuna dair ilk ipuçlarını vermişti. Ne var ki Faraday meseleyi tam olarak kavrayamamıştı. Elektroliz yasasıyla ilgili olarak, bileşiklerin elektrik kullanılarak ayrıştırılması işleminde Faraday, iki ilkeyi açıkça formüle etmişti: Serbest kalan ürünün miktarı, harcanan elektrikle doğru orantılıdır ve birim miktarda elektrik eşdeğer ağırlıklara oranla belirli bir kütlenin serbest kalmasına yol açar.

1881 yılında Helmholtz şunu göstermişti: Eğer atomik madde kuramının doğru olduğunu düşünürsek ve elektroliz ürünlerinin teker teker atomlar halinde serbest kaldığını kabul edersek, öyleyse (Faraday elektriği tamamen madde ola-

rak düşündüğünden) elektriğin atomlarından ve serbest kalan her atom için belirli bir sayıdan söz edebiliriz.

Serbest kalan ürün miktarının atom ağırlığından çok kimyasal eşdeğeriyle orantılı olması, atomları bir birim pozitif yük taşıyan maddelerin, serbest kalan her atom için bir 'atom' negatif elektrik, gerektirdiğini, iki pozitif yük taşıyan maddelerinse, iki 'atom' negatif elektrik gerektirdiğini gösteriyor.

Ancak Faraday, yasaları bu biçimde yorumlamamıştı. O, elektriksel alan kuramına sıkıca tutunmuştu ve elektroliz yasalarını yapısal, ama sürekli kuvvet alanları açısından ele almayı uygun görmüştü.

Zamanın diğer bilimadamlarının çoğu da elektriği sürekli bir akım olarak düşünüyorlardı. Fiziğin metafizik arka planında bir değişiklik yapmadan Helmholtz'un bulduğu sonuçlara kolayca ulaşılamazdı. Elektriğin atomsallığının deneyle gösterilmesi sürüncemeli ve zor bir işe dönüştü. Ancak bu öyküde en önemli adım, seyreltik gazlardaki elektrik akışı olgusunun temelindeki kördüğümün çözülmesi oldu. Bu, Thomson'un büyük deneyiyle ilgili öyküdür. Onun Faraday'ın elektroliz yasasının Helmholtzcu yorumuyla çok daha tatmin edici bir biçimde uyuştuğunu göreceğiz. Elektrik, tüplere kapatılmış ince gazlardan geçtiğinde, bugün aydınlatmada ve süslemede kullandığımız floresan tüpleri gibi pek parlak etkiler elde edilebiliyordu. Katottan bir tür ışın yayıldığı yavaş yavaş açıklık kazandı. Davy elektrik akışının bir mıknatıs tarafından saptırıldığını göstermişti. J. Plucker bu düşünceyi daha da ileriye götürdü. Katot ışınlarını saptıran manyetik alanın gücünü sistematik deneylerle ele aldı.

1858'deki yazılarında, yaptığı deneylerin bilimsel yanından çok estetikle ilgili olduğu görülür. Kısa bir süre sonra Hittorf bu ışınların gölge oluşturabildiğini deneyle gösterdi. Tüpün cam çeperiyle katot arasına bir şey konduğunda,

camda katot tarafından oluşturulan parıltı bu engel tarafından kesiliyordu. Alman bilimadamları katot ışınlarının bir tür ışıma olduğunu düşünmeye başladılar. Burada gaz boşalması esir dalgası olarak düşünülüyordu. Tıpkı 19. yüzyıl bilimadamlarının ışık için düşündükleri gibi.

Daha sonraki iki deneyi yorumlama girişimlerinden bu tartışmalar doğdu. Perrin bu ışınların negatif elektrik yükü taşıdığını ispatlamıştı. 'Işınlar'ı metal bir tüpte topladı. 'Işınlar'ın tüpe girmesine izin verdiğinde, negatif olarak yükleniyorlardı. Ancak manyetik bir alan kullanarak bunları tüpün girişinden saptırdığında tüp hiçbir yükle yüklenmedi.

Öte yandan Alman bilimadamları başka deneyler yapmaktaydı. Hertz, ışınların ince metal tabakaları delmeden geçebildiğini saptamıştı. Bu olgu, ışının bir parçacık akımı olduğu düşüncesiyle nasıl uyumlu hale getirilebilirdi? Hertz aynı zamanda ışınları elektrik yüklü iki paralel levha arasından geçirerek saptırmaya çalıştı. Parçacıklar sanki yüksüzmüş gibi, hiçbir sapma olmadı. Işınlar negatif levha tarafından itilerek pozitif levha tarafından çekilmiş olmalıydılar. Işınlar, ışığın esir içindeki dağılması türünden bir ışıma olgusu olarak kabul edilebilirdi. Eğer böyleyse bu ışınlar Perrin'in tüpüne elektrik yükleri taşıyan küçük "şeyler" olamazlardı. Daha çok orada bir yükün ortaya çıkmasına neden olmalıydılar.

Thomson deneyler düzenleme ve yorumlama beceresini meşhur "parçacık mı, dalga mı" tartışmasında gösterdi. Sonunda kendisini çelişkili görünen kanıtlarla karşı karşıya getiren bir gözlemler dizisini sürdürme fırsatı yakaladı. Thomson'un ilk katkısı, 1894'ün *London and Philosophical Magazine* dergisine yazdığı bir raporda, katot ışınlarının hızının ışığın hızından çok daha düşük olduğunu iddia etmesiydi. Bütün elektromanyetik ışınım biçimleri aynı hızla yayıldığından, bu bütün ışınım kuramlarına vurulmuş ağır bir darbeydi.

1897'de Krallık Enstitüsü'ndeki bir seminerde gelecek bölümde anlatacağımız deneyin arka planında yatan iki düşünceyi sergiledi. Bu düşünce Perrin tarafından saptanan negatif yüklerin bir şey tarafından taşındığını öne süren iki farklı varsayımı içeriyordu.

Birinci Varsayım: "[Gazlarda elektrik deşarjını gerçekleştiren] taşıyıcıların boyutları olağan atom ve moleküllere oranla daha küçük olmalı"ydı. Çünkü bu taşıyıcılar molekül demetleriyle karşılaştırıldıklarında, gazın içine çok daha fazla nüfuz etmekteydiler. Zaten bu sonuç Lenard tarafından güçlü kanıtlarla saptanmıştı.

İkinci Varsayım: "Tüpte kullandığımız gaz ne olursa olsun, bu taşıyıcılar aynı olmalı"ydı. Bu varsayımın kanıtı, tüpteki gaz ne olursa olsun aynı manyetik alan kullanıldığında aynı sapmanın görülmesiyle, deneysel olarak gösterilmişti.

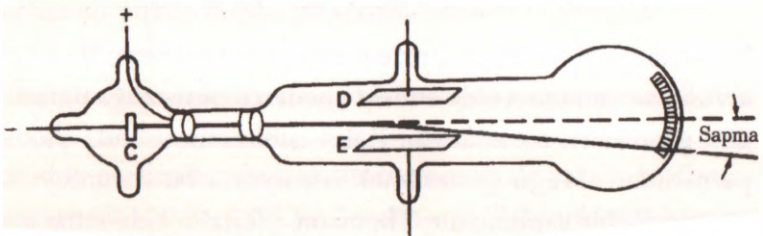
Sözü geçen varsayımlar kabul edilirse, bu taşıyıcılar maddenin temel oluşturucuları olarak evrensel olmalıydılar. Thomson, "Bir elementin atomlarından daha ince bölümlenmiş bir maddesel hal varsayımı oldukça ürkütücü bir şeydir," diyordu.

Elektronların varlığının deneysel olarak kanıtlanması

Varsayımların kanıtlarını elde etmek için Thomson, Hertz'in arzulanan sonuçları elde etmekte neden başarısızlığa uğradığını göstermek zorundaydı. Katot ışınlarının aslında yüklü parçacıklar olduğu gösterilmek isteniyorsa bu zorunluydu. Şu önemli bir saptamadır: Thomson, Hertz'in elde ettiği sonuçları, parçacık varsayımının çürütülmesi veya aksinin kanıtlanması olarak kabul etmedi. Daha doğrusu, parçacık varsayımını, Hertz'in çalışmalarında bir şeylerin yanlış olduğunu açığa çıkarmak için kullandı.

Deneyde kullanılan düzenek, ışın kaynağı olarak bir katot ve iyi bir ışık demeti üretmeye olanak verecek aralığı oluşturmaya yarayan bir çift metal tıkaç içeriyordu. Daha sonra kabloları camla birleştirerek, aralarında elektrik alanı oluşturmak üzere, D ve E metal plaklarını bir bataryaya bağlamak mümkün oldu. Tüpün küresel ucunda, katottan gelen demet, cama çarptığında bir parıltı görünecekti.

İlk adım, Hertz'in elektrik alanından geçen demetin bükülmesini sağlamaktaki başarısızlığıyla ilgiliydi. Thomson bunu son derece açık bir biçimde ortaya koydu: "... Hertz'in deneyini tekrarladığımda önce aynı sonucu elde ettim. Ancak bir dizi deney, bükülmenin gerçekleşmemesinin katot ışınlarının seyreltik gazlar üzerinde sağladığı iletkenlikle ilgili olduğunu gösterdi. Bu iletkenliğin ölçülmesine kalkışıldığında... iletkenliğin gaz boşalırken aniden düştüğü fark edildi... çok güçlü bir boşalma sırasında elektrostatik kuvvet tarafından katot ışınlarının bükülmesini saptama şansımız olmalıydı." Işınların elektrik yükünü saptamaktan alıkoyan şey, ışın geçidinin kendisiydi. Bizim şimdilerde bildiğimiz gibi, katot ışınları gazı iyonlaştırarak plakalara kısa devre yaptırıyorlar ve elektrik alanını yok ediyorlardı.



Deneysel düzenleme. C katot ışınlarının kaynağıdır.

Gerçekten Thomson tam da beklediği sonuçları elde etti. İyi pompalar kullanarak gazı büyük ölçüde azaltıp nere-

deyse mutlak boşluğa yakın bir durum elde etti ve bükülmeyi buldu. Plakalardan D negatif, E pozitif olacak biçimde bağlandıklarında, ışınlar düşey olarak aşağı itildiler. Ancak plakalar tam tersi şekilde bağlandıklarında ışınlar yükseldiler. Thomson küresel uca bir ölçek yerleştirerek bükülmeyi ölçebildi ve "bükülmenin plakalar arasındaki potansiyel farkla orantılı olduğunu" gördü. Açık biçimde, yüklü plakalarla parçacıklar arasında elektriksel bir etkileşim vardı. Perrin'in yaptığı deneyler, bu ışınların negatif yüklerle birleştiğini zaten göstermişti. Thomson, plakalar nasıl bağlanırsa bağlansın, ışınların, negatif plakadan pozitif plakaya doğru bükülen yükler taşıdığını gösteren bu bilgileri sağlamlaştırdı.

Deneyin özü, parçacıkların kütlelerinin, yüklerine oranın ölçülmesine yönelikti. Bu oran, diğer maddi parçacıklar için özellikle, çözeltilerde bulunan molekül parçaları, yani iyonlar için biliniyordu. Özellikle bu yapıların en basiti olan pozitif yüklü hidrojen iyonu için, bu oran çok iyi biliniyordu.

Thomson, kütlenin yüke oranını (m/e) ölçmek için birçok yol buldu. Çağdaş fizikle ilişkisi olan okurlar e e/m oranının geçerli olduğunu düşüneceklerdir. Ancak uygulamada Thomson bu oranın tersini ifade etmeyi seçti. Elektrostatik çekme etkisini göstermek üzere yaptığı bu deneyin mantıksal sonucu, kullanılan düzeneği manyetik alan oluşturmak üzere sarımlarla donatmaktı. Burada m/e oranını belirlemek için en iyi yol, manyetik alan içerisinde sapma açısının (ϕ diyelim) elektrik alanı tarafından üretilenle (ona da θ diyelim) karşılaştırılmasıydı. m/e için formül şuydu:

$$\frac{H^2\theta L}{F\theta^2}$$

Thomson bu konuyu çok şık bir biçimde ifade etti. H üreten akımları, manyetik kuvveti ve F elektrik kuvveti, dikkatle ayarlanarak bükülme açıları eşitlenebilir. Kutuplar ve plakalar buna göre ayarlanarak bunların birbirlerinin etkilerini gidermesi ve parçacıkların hiçbir sapmaya uğramadan geçmesi sınanabilirdi. Sonra, manyetik alan oluşturan sarımların akımı basitçe kesilerek manyetik alan görünmez kılınabilir. Böylece elektrik akımının sebep olduğu sapma kolayca ölçülebilirdi. Eğer m/e oranı için yukarıdaki formüle tekrar bakarsak $\theta = \phi$ olduğunda,

$$\frac{H^2L}{F\theta}$$

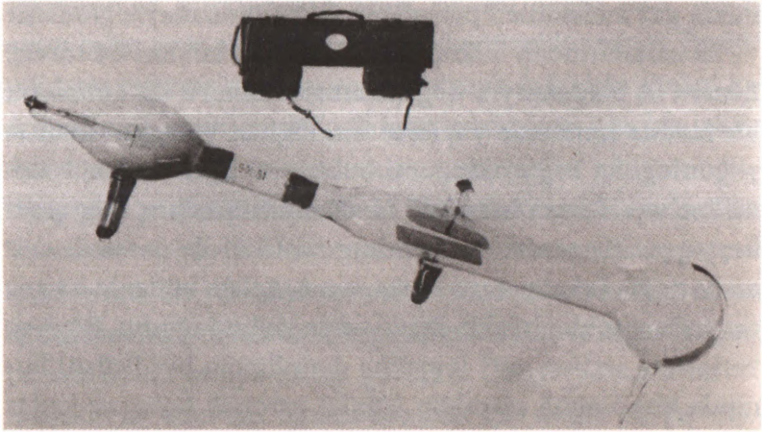
formülünü elde ederiz. (Burada L ışının alanlar tarafından etkilendiği aralığın uzunluğudur.) Yalnız, bir açının doğru bir şekilde ölçülmesi gerekmektedir. Düzenleme yukarıdaki formülde açıkça görülebilir.

Deneylerde ayrıntılar önemlidir. Küçük bir ayrıntı bu deneyde görülmek zorundaydı. Küresel uçtaki parıltı gün ışığında görülmeyecek kadar zayıftı. "Fosforlu bir izi görebilmek için oda karartıldı, parlak boyayla kaplı bir ibre yerleştirildi. Bu mekanizma kadranı aşağı yukarı hareket ettirmeye yarıyordu. Böylece ışık olanak verdiğinde, fosforlanmanın bükülmesi ölçülebildi," diyor Thomson.

Düzenekte kullanılan tüm malzemelerde, bu etkinin var olan bir şeyden veya maddenin evrensel oluşturucusu olan bir tür cisimden doğduğundan emin olmak için her türlü değişiklik yapıldı.

Sonuçlar Thomson'un beklediği gibiydi. Sonuçta, m/e'nin değerinin gazın doğasından bağımsız olduğu açığa çıktı. Katot ışınlarının atomaltı boyuttaki parçacıkların bir akımı ol-

duğu varsayımını destekleyecek şekilde, *m/e* oranının çok küçük olduğu görüldü. Özel olarak, bu oran elektrolizdeki hidrojen iyonunun oranı için bilinen değere göre oldukça küçüktü. Gerçekte, katot ışınları için m/e'nin büyüklüğü 10^{-7} birimse, bu oran hidrojen iyonu için 10^{-4} birimdi. Kısacası, katot ışını parçacıklarıyla hidrojen iyonlarının aynı birim yüke (e) sahip olmalarına karşın, katot ışını parçacıkları hidrojen iyonlarında bin kez daha küçüktür.



Thomson'un aygıtı, şimdi Londra Bilim Müzesi'nde.

Ancak, Thomson'un notlarındaki gibi "m/e'nin küçüklüğü m'in büyüklüğüne veya her ikisine bağlı olabilir"di. Boyutların küçüklüğüyle ilgili bir tartışma vardı. Lenard katot ışınlarının büyük yayılma gücünü göstermişti. Bu da onların moleküllerden çok küçük olduklarını gösteriyordu. Bu olayda Thomson m'nin küçüklüğü ve e'nin büyüklüğüne ilişkin iki kanıt buldu. Sonrakiler yanlıştı. Mademki her katot parçacığı -bu gösterilmişti- bir hidrojen iyonunu elektriksel olarak dengeliyordu, bunların yükleri de eşit ve zıt olmalıydı. Bu yüzden *m/e* oranlarının karşılaştırmasından çıkarılacak

doğru sonuç, katot ışınlarının hidrojen iyonlarının kütlesinin yalnızca binde biri olduğuydu.

Ancak bu kısa zamanda düzeltilecek bir hataydı. Thomson'un deneylerinden çıkardığı daha derin kurgusal sonuçlar sonraki fiziğin yönünü belirledi. m/e oranı neden tüpteki gazın türünden bağımsızdı? Thomson'un yanıtı atomaltı parçacık varsayımını geliştirmekteydi: "Farklı kimyasal elementlerin atomlarında bilinmeyen bir X ilkel tözünün atom yığınları vardır." Katotun yakınlarındaki güçlü elektrik alanında gaz molekülleri parçalanır. Diğer bir ifadeyle iyonlaşır ve ilk atomlarından birkaç tanesini serbest bırakır. Bu sonuç, Lenard'ın bulgularıyla doğrulanmıştı. Lenard ilk atomların bir madde içerisinde yayılma derinliğinin yalnızca ortamın yoğunluğuna bağlı olduğunu bulmuştu. Eğer molekül atomaltı parçacıkların uzaydaki bir düzenlenmesiyse, çarpışmalar parçacıklar arasında olacaktır; molekül ile parçacık arasında değil. Fakat parçacıkların sayısı toplam kütlenin hacme oranıyla orantılı olacaktı. Bu da gazın yoğunluğudur. Böylece "ortalama serbest yol" (yayılma derinliğinin bir ölçüsü) bununla ters orantılı olacaktır. Çünkü parçacık sayısı ne kadar azsa, çarpışma öncesi bir parçacık o kadar uzun bir yol kat edecektir.

Bu adımı atınca, bir atom mimarisi kuramına gitmek kolaylaşır. "Bu negatif iyon [Thomson'un eski "ilk atom"u veya 'parçacık'ı] elektriksel hareketin her türlü kuramında temel önemde bir nicelik olmalı," der. "Bu iyonlar nötr bir atomda bir araya geldiklerinde, negatif etki, içinde parçacıkların dağıldığı uzamın, sanki miktar olarak parçacıkların negatif yük toplamına eşit olan bir pozitif elektrik yükü taşıyormuş gibi davranmasına yol açan bir şey tarafından dengelenir. Pozitif yüklü bir atom kendi 'serbest kütle'sinin bir kısmını kaybetmiş olan atomdur ve bu serbest kütle kendisine tekabül eden negatif yüke bağlı olarak bulunmalıdır."

Son olarak, Thomson, atomun kimyasal özelliklerinin bu parçacıkların yapısal düzenlenişine bağlı olabileceğini düşündü. Kimyasal açıdan benzer maddelerden oluşan gruplarıyla şu ünlü periyotlar cetveli de, atomaltı oluşturucu parçaların kat kat inşa edildikleri yapının tekrarının bir ürünü olacaktır.

Thomson'dan sonra "ilk parçacıklar"

Thomson'un kurgularının genel eğilimi doğru çıktı. Fakat onun bakış açısı ayrıntılar düzeyinde düzeltilmeliydi. Pozitif yüklerin elektronların yerleştiği bölgeye dağıldığı görüşü kısa zamanda yerini pozitif yüklerin merkezi ve ağır bir çekirdekte yoğunlaştığı ve elektronların gezegenler gibi onun yörüngesine yerleştiği Rutherford "çekirdek" modeline bıraktı. Thomson'un büyük keşiflerinin zamanında enerjinin parçalı karakterine ait bir düşünce yoktu. Kısa süre sonra atomun iç mimarisini açıklamak için geliştirilen birçok diğer fiziksel parametrenin ortaya çıktığı görüldü. Geriye yalnızca bu "X tözünün ilk atomları"nı adlandırmak için doğru bir şey bulmak kalıyordu. Bunlar, G. H. Stoney'in bir teklifinden sonra kısa sürede evrensel çapta "elektron" olarak adlandırıldılar.

Thomson olguları birbirine bağlamakla kalmadı, aynı zamanda maddenin yapısının bir görünümünün ötekinden ayırt edilmesine yarayan etkileri aktif bir şekilde araştırdı; yani, esir dalgaları açısından kavranan bir dünyadan, parçacıklara dayalı ya da atomik bir dünyaya geçildi.

Ek okumalar

Plucker, J., "On the Action of the Magnet upon the Electrical Discharge in Rarefied Gases" *The London, Edinburgh and Dublin Philosophical Magazine*, 4. seri, cilt 16, 1858, s. 119-135.

Thomson, J. J., "Cathode Rays", *The London, Edinburgh and Dublin Philosophical Magazine*, 5. seri, cilt 44, 1897, s. 293-316.
Thomson, J. J., *Conduction of Electricity through Gases*, Cambridge, 1903.
Thomson, G. P., *J. J. Thomson and the Cavendish Laboratory of his Day*, New York, 1965.
Whittaker, E., *A History of Theories of the Aether and Electricity*, cilt I, Londra, 1951, s. 348-366.

C

Basit Bir Görüngünün Ayrıştırılması

Bacon, bilimadamlarına "basit doğa biçimleri"ni araştırmalarını salık verir. Bacon şuna işaret ediyor: En temel bilgi, olguların kökenindeki maddenin yapısal özelliklerine ilişkin olabilir. Bu bilgi deneyim dünyasının çözümleme yapmasına imkân verir. Hangi alanda olursa olsun, bir bilimsel araştırmanın başlangıcında, çözümleme yöntemine bağlı kalarak, neyin bileşik neyin basit olduğunu deneysel yolla tanıtlamak, büyük önem taşır. Kimi zaman buna erişmek için gereken deneysel çalışmayı yapmak çok zor olabileceği gibi, bundan alınan sonuçlar kesin olmayabilir. Isaac Newton güneş ışığının, homojen görünmesine rağmen "değişik kırılganlıklar"da ışınların bir karışımı olduğunu gösteren kesin bir tanıtlama (*experimentum crucis*) yaptığına inandı. Bu bölümde anlatılacak deney sayesinde, normal ışığı başka türlü açıklamayı geçersiz kıldığını sanıyordu.

17. ISAAC NEWTON

Renklerin Doğası



Isaac Newton. Sir Gottfried Kneller tarafından yapıldığı düşünülen yağlıboya tablo (1718), Trinity Colledge, Cambridge.

Isaac Newton, 25 Aralık 1642'de Woolsthrope'da (Lincolnshire) doğdu. Babası daha o doğmadan önce ölmüştü. Annesi, Newton henüz ikisine bastığında tekrar evlendi. Çocukken "çeşitli ağaç modelleri yaparak" el becerisini gösterdi. Çocukluğunun büyük bir kısmını büyükannesinin yanında geçirdi. Grantham'da okula başladı. Eğitimini 1661'den itibaren Cambridge'te sürdürdü. Ama bu arada pek hevesli olmadığı çiftlik işleriyle uğraştı.

Newton, Cambridge'te çok başarılıydı. 1667'de Trinity College'de öğretim üyesi oldu. 1668'de asil öğretim üyesi oldu. 1669 yılında henüz yirmi altısındayken Lucasiam Matematik Kürsüsü'ne seçildi.

Üniversite 1665'teki Büyük Veba salgını nedeniyle kapanınca, Newton annesinin Woolsthrope'daki evine çekildi. Üretken dönemi yaklaşık 1664'te başlamıştı.

Söylendiğine göre, evrensel çekim yasasını keşfettirecek kıvılcımı çakan şu meşhur elma, Woolsthrope'taki bir bahçede Newton'un başına düşmüştü.

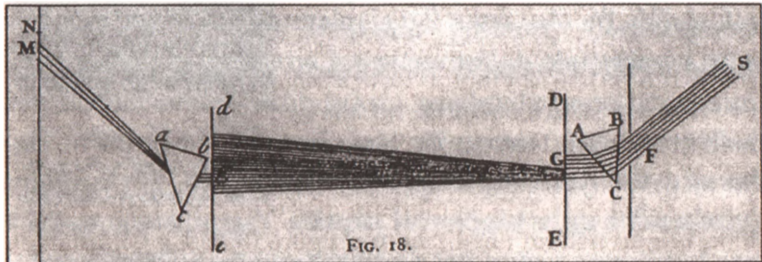
1665 ile 1667 yılları arasında çok verimli çalışmalar yaptı: Matematikte bir niceliğin değişme hızını ve oranını hesaplayan bir yöntem geliştirmesi, ışığın özellikleri ve doğası üzerine çok sayıda deneysel çalışma yapması, Galileo'nun yer bilimiyle Kepler'in gök kuramını birleştirerek evrensel mekaniğin ilkelerini kurması, hep bu döneme rastlamaktadır. Ama bu dönemin ürünlerini yazıya dökmek Newton'un yıllarını aldı. Newton eleştiriye karşı çok duyarlıydı. Işığın doğası üzerine Royal Society ile ilk yazışmalarındaki belirsizlik, araştırmasını pasajlar halinde yayınlamaktan kaçınmasına yol açtı. Kapsamlı araştırmaları hazırlayana kadar bu nedenle keşiflerini sürdürdüğü anlaşılıyor. Mekaniğini ve kozmolojisini kurduğu büyük yapıtı *Principia,* 1687'ye kadar ortaya çıkmadı. Yaklaşık 1666 yılında uğruna pek çok deneysel çalışma yapılan *Opticks,* nihayet 1704'te yayımlandı.

Newton 1689'da Avam Kamarası'na Cambridge üyesi olarak seçildi. Bu olay onun ilgi alanlarının, hatta kimi tarihçiye göre karakterinin değişmesine yol açtı. Bu tarihten sonra bilimsel araştırmayı bırakmış, bir üst düzey yönetici olmaktan, halk tarafından tanınan bir kişi olmaktan hoşlanmaya başlamıştı. Kraliyet Darphanesi'nin başına geçti. Söylendiğine göre örnek başarıyla görevini yürüttü. Yaşamı boyunca ilahiyat konularına yoğun ilgi duydu. Yaşlılığında bile Tevrat'ta geçen olayların zaman diziniyle ilgili sorunları çözmeye çabaladı. 1727'de öldüğünde hiçbir bilimadamına nasip olmayan bir üne sahipti.

Işık ve renk üzerine ilk çalışmalar

Renk bir cisim üzerinde üretilen bir nitelik midir, yoksa bir cisim tarafından ışıktan ayrıştırılan bir nitelik midir? Soru çok zordur, çözümü teknik olanaklara bağlıdır ve uzun bir geçmişi vardır. Önceki bölümlerde Freibourglu Theodoric'in

dâhiyane çözümü anlatılmıştı. Theodoric, Aristoteles'in müphem açıklamalarını genelleştiren tipik bir ortaçağ düşünürüdür. Onun çözümünde ışık, rengini, içinden geçtiği ortamdan almaktadır. Theodoric'in açıklaması, ikili karşıt ilkeler düşüncesine dayanıyordu. Bir ortam az ya da çok yarı saydam olabilir. Bir ortamın yüzeye yakın yerleri, derin yerlere oranla daha sınırlıdır. Bu düşünceye göre bir ayna tamamen sınırlıdır; dolayısıyla renk üzerinde hiçbir etkisi olmadan bütün ışığı yansıtır. Saydam bir katı cisim sınırsızdır; ışığın, iç kısımlarına, derinliklerine geçmesine izin verir. Dört karşıtın dengesinin yetkinleştiği bir ortamda beyaz ışık açığa çıkar. Ortam görece sınırlı olduğu zaman, yani ışık yüzeye yakın geçtiğinde, kızıla çalacak şekilde nitelik değiştirir. Ama, ortam görece iç kısımlarında ışığın geçmesine izin vermediğinde, maviye çalacak şekilde değişir.



"Kırınımlar"ı farklı olan ışınların ayrışması. Newton, *Opticks*, (1721 basımı), birinci kitap, 1. bölüm, tablo IV, fig. 18 s, beyaz ışığın kaynağını gösteriyor. Kırınımları farklı olan ışınlar ABC prizmasında ayrışıyor. DE ve de perdeleri, giderek daha net renkler elde etmeye yarıyor.

Bu açıklamanın yeterince doyurucu olduğu söylenemez. Ayrıca karşıtlar renklerin üretiminden daha gizemlidir.

Işığın saydam nesnelerce etkilenme tarzına ilişkin daha yakın dönemde yapılan bir çalışma, renkler ile ortamlararası geçişte ışığın kırılma durumu arasında bir ilişki olabileceğini

gösterdi. Bu etkiyi kullanarak ışığı saf renkten ayıran ilk kişi Descartes'tı. Descartes, *Les Météores*'te 1637 yılında gökkuşağını incelerken yaptığı bir deneyi anlatır. Deneyin şematik düzeni sayfa 130'da gösterilmiştir. Descartes deneyi şöyle anlatıyor: "Bu yüzeylerden birini, üzerinde bir delik (DE) olan perdeyle kapattığım zaman, delikten geçen ve bir parça beyaz bez ya da kâğıt üzerine düşen ışınların, gökkuşağının bütün renklerini gösterdiğini gözlemledim ve kırmızı her zaman F'de mavi ya da mor her zaman H'de görüldü."

Bu renkli ışınlarla, prizmaya düşen güneş ışığı arasındaki ilişki neydi? Newton'un deneyi bu sorunun yanıtına yönelikti.

Newton'un sistematik araştırma programı

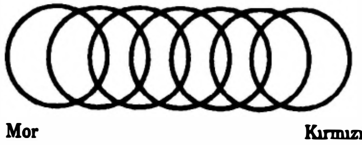
Newton'un burada anlatılan temel deney hakkında yaptığı çok başarılı yorumlar, aslında kavramsal olarak özgün değildir; ama deneyi oldukça kesin bir biçimde uygulamaya geçiren Newton'dur. [Newton'un renk ve kırılmayla ilgili görüşlerini ondan önce ortaya atan düşünürler için bakınız J. A. Lohne, *Notes and Records of the Royal Society of London* (Londra Royal Society'nin Kayıt ve Tutanakları) 20, 1965 sayfa 125-39] 1672 yılında, Royal Society'ye yazdığı mektupta Newton, 1666'da yaptığı bir deneyde karşılaştığı muammadan söz eder. Newton, prizma üzerindeki yuvarlak bir delikten geçerek perdeye düşen tayfın görüntüsünün oval olduğunu, kendi deyişiyle 'yanlarının düz' olduğunu fark etmişti. Peki bunun nedeni neydi? Lohne'a göre (bkz. Ek Okumalar), Newton, güneş ışığındaki daha yeğin sarı bileşenin, görüntüyü tayfın o noktasında genişletmesinden ötürü, bu görüntü hakkındaki tasvirini derleyip toplamış olmalıydı.

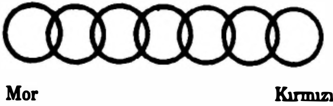
Newton, *Opticks* için yaptığı deneyin tanımlayıcı bir açıklamasında, görüntüyü inceltmek ve belirginleştirmek ama-

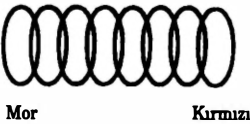
cıyla nasıl uğraştığını anlatıyor. "Kepenkteki deliği küçük ya da büyük tutarak, dairesel görüntüleri gerektiği kadar küçülttüm ya da büyüttüm. Tayfın uç kısımları belirgin tutularak yuvarlak bir delik yerine uzun ince bir oval delik yardımıyla ışık miktarı artırılabildi." Newton, çağdaşları tarafından dikkate alınmasına karşın, görüntü düşürmek için küçük delik kullanmanın, ışığın dağılma etkilerini artıracağını göz ardı etmişe ya da küçümsemişe benziyor.

Deliğin görüntüsünü odaklayacak bir mercekle daha ileri bir düzeye çıkarılan deney oldukça basitti. Tayf, üstünde küçük bir delik olan bir parça siyah kâğıda düşürülüyor. Delik tayfın kırmızı parçasıyla çakıştığında, kırmızı ışık demeti elde ediliyor. Bu ışık ikinci bir prizmayla tekrar kırılabiliyor. Benzer biçimde delik tayfın mavi kısmıyla çakışırsa, mavi ışık demeti ortaya çıkıyor. Burada ikinci prizmanın etkisi anahtar rolü oynuyor.

Dikkat edilmesi gereken iki sonuç var. En son ortaya çıkan görüntü, rengi ne olursa olsun, büyük ölçüde daireseldir; bu da "ışığın, ışınlar herhangi bir yayılıma uğramadan kırıldığını gösteriyor"du. Çünkü deliğin şekli ile görüntünün şekli tamamen aynıydı. Ama mavi bir ışın, ikinci bir prizmadan geçerken kırmızı bir ışından daha fazla kırılıyor. Öyleyse, renklerin ayrılması ikincil bir etkidir. Temel süreç "farklı kırılganlıktaki ışınların" ayrışmasıdır. Lucas'a yazdığı 5 Mart 1677/8 tarihli mektubunda Newton, deneyin doğru sonuçlarını vurgulamak için çok uğraşıyor: "...farklı renklerin ışınlarının farklı kırılganlıkta olduğunu ispatlamaya çabaladığımı sanıyorsun: Halbuki ışığın (renge bağlı kalınmaksızın) değişik kırılganlıktaki ışınlardan oluştuğunu ispatlamaya çabalıyorum. Farklı kırılganlıktaki ışınların renklerinin ne olduğu... inceleme sonunda anlaşılacaktır..." (aktaran Lohne)



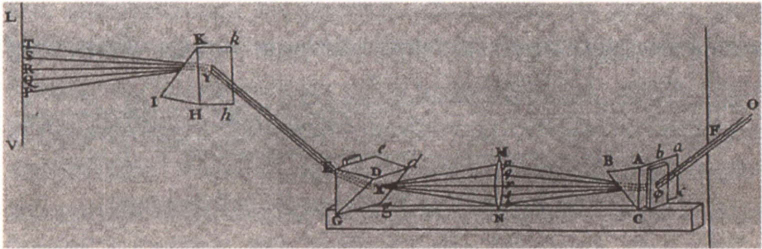




Değişik biçimlerde ışık kaynağı kullanımının etkisi.

Muhtemelen deneyin Newton tarafından yapılmış pek çok yorumundan sonuncusu, *Opticks*'in Paris baskısında bulunabilecek gravürlerde örneklerle açıklanmıştır. Bu gravürlerde Newton'un kendisinin çizdiği taslaklar oldukça net bir biçimde canlandırılıyor. (Krş. Lohne, 1968).

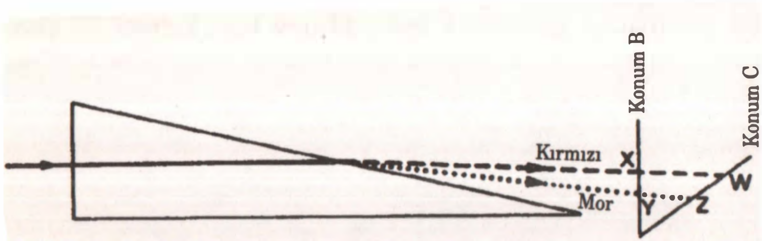
Buraya kadar Newton, kendinden öncekilerin yaptığı kaba deneylerin daha inceltilmiş bir biçimini tekrar etmekten daha fazlasını yapmamıştır. Hatta tek renkli ışığın ikinci bir prizmadan geçirilerek test edilmesi bile, kabaca da olsa,



Beyaz ışığın tayfa ayrışması, yeniden birleşmesi ve yeniden ayrışması. Newton, *Opticks* (1721 basımı), 1. Kitap II. bölüm, tablo IV şekil 16. ABC prizmasının yeniden kırdığı ışınlar MN merceğiyle tekrar birleştiriliyor, sonra KIH prizmasıyla tekrar ayrıştırılıyor.

Kromlandlı J. M. Marci tarafından daha önceden düşünülmüştü. Marci, Prag'ın önde gelen fizikçileri arasındaydı. 17. yüzyılın başlarından Bohemya'da, Katolik tepkiler yüzünden Batılı bilimadamları ile ilişki kurmaktan yoksun olmasına rağmen, astronomi, optik ve tıp alanlarında önemli çalışmalar yaptı. Beyaz ışığı renkli ışın demetlerine ayrıştırmayı başarmıştı ama, esas ışın demetini başarıyla tekrar kurmak Newton'a kaldı.

Ancak kırılan ışıktaki renkler olgusunun, optik aygıtının camı yüzünden ışıkta ortaya çıkan bazı değişikliklerden değil, zaten beyaz ışık demetinde bulunan ışınların farklı kırılganlıklarından kaynaklandığını tanıtlamak için fazladan bir şeylerin yapılması gerekiyordu. Newton'un 1672 tarihli mektubunda anlattığı orijinal yeniden-birleştirme deneyi, ışınların bir arada akmalarını sağlamak için, bir mercek kullanılmasını gerektiriyordu. Newton'un çağdaşlarından çoğu, deneye soğuk bakıyordu. Hooke, ışığın, kırılma öncesi, neden değişik ışınların toplanması olarak düşünülmesi gerektiğini, deneyin göstermediğini iddia etti. Bunlar kırılma sürecinde üretilmiş olmalıydı. Bununla beraber, Newton *Opticks*'e bu türden itirazları çürütmek için, ustaca düşünülmüş, bir başka yeniden-birleştirme deneyi ekledi.



Merceksiz düzenekte renklerin yeniden birleştirilmesi.

Uzun, düz bir prizma kullanarak Newton, renkli ışık demetlerini ayıran açıyı epey küçülttü. Sayfa 235'te görülen düzenekte olduğu gibi perde açısının değiştirilmesiyle beyaz

ışığa benzeyen bir ışıktan renkler üretilebiliyor. Perde B konumundayken, havadaki tozların neden olduğu, birbirinden çok az ayrılmış renkli ışık demetlerini yeniden karıştıracak kadar ışık yayılımı vardır. Perde açısı C konumuna getirilerek, renkli ışık demetleri, perde üzerinde bir tayf oluşturacak kadar yeterince ayrı bölgelere düşürülebilir. Perde C konumundayken kırmızı ve mavi ışık demetlerinin temas noktalarını ayıran WZ aralığı, perde B konumundayken görüntüleri kırmızı ve mavi ışık demetlerinden ayıran XY aralığından daha büyüktür. Düzenlemede değişen tek özellik perdenin açısıdır.

Görüntülerin ayrılması asıl demetleri, yani birbirine çok yakın duran demetleri üreten prizmadan tamamen bağımsız bir şeyin yöneltimiyle sağlanıyor. Perde açısının değiştirilmesi, demetler birbirine çok yakın olduklarında, biri ötekine dağılmadan, değişik renkteki ışınların saptanmasına izin verir.

Newton konuyu sağlama almak için, Marci'nin yaptığı optik işlemlerden çok daha fazlasını yaptı. Daha sonraki deneylerde renkler bir kez gereğince ayrılmışsa, sonraki işlemlerden etkilenmiyorlardı. Kırılma ve yinelenen kırılma rengi değiştirmedi. Tipik bir kırılma deneyinde Newton tek renkli ışıkla bir nesneyi aydınlattı; sonra ona bir prizma aracılığıyla baktı. Prizma aracılığıyla nesneden göze gelen ışığın izlediği yol, ışığı herhangi bir biçimde etkileseydi, bu şekilde gözlendiğinde cismin renginde birtakım farklılıklar görülmüş olmalıydı. "Ama homojen ışıkla aydınlatılanlar, çıplak gözle gözlendikleri zamankinden ne daha az belirgin ne de başka renklidirler." Newton, ışınlar arasındaki farklılıklar gerçekten sürekli olabileceğinden, ne kadar kesin bir noktada toplanırsa toplansın, ışık mükemmelen homojen olmayabilir demişti. Ama açıkça homojen ışınlarda renklerin yayılması o kadar küçüktür ki, "Değişiklik duyumsanamaz ve o yüzden duyuların yargıç olduğu deneylerde değişiklik hiçbir şekilde

hesaba katılmamalıdır." Gerçekten homojen ışık kırılma yoluyla üretilemiyor. Mükemmel uyumlu ışığı üreten modern lazerler farklı bir fizik ilkesine dayanır.

Son basamak, çok sayıda maddeyi deneye tabi tutmaktır; "kâğıt, kürk, kurşun, altın, gümüş, bakır, pirinç, mavi çiçekler, menekşeler, değişik renklerde hafifçe boyanmış köpükler, tavus tüyleri vb." Kırmızı ışık altında hepsi kırmızı göründü. Mavi ışık altında hepsi maviye çekti, yeşil ışık altında yeşile... Yansımanın, kırılma gibi, görece homojen ışığın rengi üzerine etkisi yoktur.

Newton'un ardından renklere ilişkin çalışmalar

Ancak bu sonuçlar neden böyle çabucak ve belirgin olarak elde edildi? Newton ve ondan önce Descartes, bir biçimde parçacık hareketinin ışık iletimiyle gerçekleştiğini düşünmüştü. Newton parçacıkların hızının renk algımızın nedeni olduğunu düşünürken, Descartes bunun parçacıkların dönüş hızıyla ilgili olduğunu düşündü. Sonunda problem Euler tarafından, en azından bilinen bir olguya bağlanarak çözüldü. Euler, yaklaşık 1746 yılında özellikle Hollandalı fizikçi Huygens tarafından savunulan bir başka rakip kurama kesin bir matematiksel form kazandırdı. Newton'un deney sonuçları ve pek çok başka görüngü, ışığın bütünüyle geçirgen bir ortamda, yani esir içinde dalga şeklinde yayıldığı ileri sürülerek zarif bir biçimde açıklanabilirdi. Işık parçacık akışı olarak değil, ama esnek bir katı cisimden geçen titreşim olarak düşünülüyordu. Renkler farklı dalga boylarına ait dalgalarla eşleştirildi. Böylece farklı renklerin bir ortamdan diğerine geçerken neden farklı biçimlerde kırıldığı açıklandı. Renkler, ortaçağ fizikçilerinin düşündüğü gibi ortamda değil, ortamlar arasındaki sınırda açığa çıkar. Euler'in çözümleri zarifti, ne var ki bunlar ışığın ancak özel bir tür sayıldığı elektro-

manyetik ışınımlarla ilgili derin buluşların rehberliğinde, biraz düzeltilmeliydiler.

Newton'un renklerle ilgili çalışmasından önce yapılan pek çok deneyde, sağduyunun sınırlı alanından dışarı çıkılamıyordu. Düşen cisimler, sıkıştırılan gazlar, gökkuşağı, yağmur damlaları, gelişen civcivler gibi. Bütün bunlar duyularımızın sınırları içindedir. Gilbert'e göre, Norman'ın deneyi, çok farklı bir türün varlığından, hiçbir insanın gözlemleyemeyeceği bir "gerçek"ten söz etmeye olanak vermişti. Gözlemlenen manyetik etkilerin "tılsımlı" ya da gözlemlenemeyen nedeni *orbis virtutis*'tir. Newton'un renkler üzerine yaptığı deneyler, büsbütün basitliklerine karşın, Norman ve Gilbert'in deneyleri kadar derin olmasa da, bir anlamda deneyin ötesine geçer. Newton'un yaptığı araştırmalarda konu edilen kırılmalar ve perdelemeler, bizim beyaz diye algıladığımız ışığın, aslında, özlerini algılayamayıp ama her biri diğerinden rastlantıyla ya da insan etkisiyle ayrıştırıldığında algılayabileceğimiz renkli ışınların bir karışımı olduğunu gösteriyor.

Ek okumalar

Descartes, R., *Les Météores*, Discours VIII, *Discours de la Methode et les Essais*, Leyden, 1637.

Newton, I., "A letter of Mr. Isaac Newton, ... containing his New Theory of Light and Color" (1672), Cohen, I. B. ve Schofield, R. E. *Isaac Newtons Papers and Letters in Natural Philosophy* adlı kitapta yeniden tıpkı basım, 2. baskı, Cambridge, Mass., ve Londra, s. 47-59, 1978.

Newton, I., *Opticks*, İngilizce ilk baskısı 1704'tedir. Dover Books tarafından 1952'de New York'ta tekrar basıldı.

Young T., "On the theory of light and colours", *Philosophical Transactions of the Royal Society*, cilt. 23, Londra, 1802, s. 20-71.

Lohne, J. A., "Experimentum Crucis", *Notes and Records of the Royal Society of London*, cilt 23, Londra, 1968, s. 169 ve devamı.

Manuel, F. E., *A Portrait of Isaac Newton*, Cambridge, Mass., 1968.

Sabra, A. I., *Theories of Light from Descartes to Newton*, Londra, 1967.

D

Açık Çeşitlilikteki Belirgin Birliğin Tanıtlanması

Önceki bölümde anlatılan türden bir tasarımın bütünleyici bir aşamasına geçmek üzere deneyci, belli belirsiz birbirine benzeyen kimi görüngülerin çeşitliliğinin altında kesin bir birlik olduğunu göstermeye çalışabilir. Belki bunların her biri, aslında aynı içeriğin farklı koşul ya da durumlarının açığa vurulmasıdır. Bu bölümde Michael Faraday'ın "temeldeki ayrılık"ın gerektirdiği ölçütü nasıl ortaya koyduğunu anlatacağım; ardından deney tekniğinin elverdiği kesinlik sınırları içinde, çeşitli türden elektriksel etkilerin temelde yatan ortak "bir şey"in açığa vurulması olduğunu açıklamaya çalışacağım. Ne var ki, o "bir şey"i Faraday gösterememişti.

18. MICHAEL FARADAY

Tüm Elektriksel Biçimlerin Özdeşliği


Michael Faraday. Oxford Üniversitesi Bilim Tarihi Müzesi'ndeki fotoğrafı.

Michael Faraday, 22 Eylül 1791'de doğdu. Babası James, Michael'in doğmasından az önce Londra'ya taşınmış bir taşralı nalbanttı. Aile fakir olsa da, birbirine bağlı ve mutlu üyelerden oluşuyordu. Bu biraz da onların dinsel inançlarından kaynaklanıyor olmalıydı. Çünkü aile Sandemancı geleneklere sıkı sıkıya bağlıydı. Michael Faraday ömrü boyunca Sandemancı bir vaiz olarak kaldı. Tarikat İskoçya'da kurulmuştu. Sandemancılar kilise ile devletin ayrılmasının yanı sıra, bütün eski Hıristiyan ibadetlerini, hatta insanların ortak yemek yediği "sevgi" şölenini bile yeniden canlandırmak istiyorlardı. Tanrı'yı dünyada yaşayan etkin bir varlık olarak düşünüyorlardı. Onlara göre Tanrı'nın varlığı en belirgin biçimde doğada ifade ediliyordu.

Michael Faraday on dördünde bir ciltevinde çırak olarak hayata atıldı. Bu işte çalışırken hem el becerisini geliştirdi hem de ciltlenecek kitapları okuma fırsatı buldu. Boş zaman-

larında Felsefe Cemiyeti'nin (City Philosophical Society) kurslarına katıldı. Humphry Davy'nin yanında katip olarak çalıştı. Bu sırada onun dikkatini çekti. Çok geçmeden Davy tarafından Kraliyet Enstitüsü'ne asistan olarak alındı. Davy ve eşi, tüm kıtayı baştan başa gezmişlerdi. Faraday, resmen Davy'nin bilim asistanı olarak bu gezilere katıldı. Ne var ki, Bayan Davy'nin kendisine uşak muamelesi yapması onu içten içe gücendirmişti.

1825'te Kraliyet Enstitüsü'nün Laboratuvar Yöneticisi seçildi. Doğanın temel işleyişleri hakkındaki güçlü kavrayışını, deneysel çalışma alanındaki hayranlık verici azmiyle birleştirdi. Davy'nin, durmaksızın etkileşen doğal öğelerin ya da güçlerin biçimlendirdiği dünyayı yapısal olarak değerlendiren düşüncesini hatmetti. Bu kuramın ışığında, kısa zamanda kimya ve fizik bilginlerinin önde gelenleri arasına katıldı.

Anlaşıldığı kadarıyla, aile yaşamı ana-babasının yaşamına çok benziyordu. Sandemancı cemaatin bir başka üyesi Sarah Bernard ile, 1821'de evlendi. Faraday dostları arasında oldukça neşeli bir kimse olarak tanınıyordu. Ağır sporlar yapıyor, uzun mesafeli yürüyüşlere çıkıyordu. Ayrıca Faraday, ilk bisikletçilerdendir. Ama zamanının çok faal düşünürlerinin çoğu gibi ciddi bir ruhsal çöküş yaşadı. Bir daha tamamen düzelemedi. Belleği zayıflamaya başladı; öyle ki sabahtan akşama dek neler yaşadığını hatırlamak uğruna her türlü çareye başvurmak zorunda kaldı. 1858 yılında Kraliçe Victoria'nın kendisine bağışladığı Hampton Court yakınlarında eve yerleşti. 1862 yılında bu evde inzivaya çekildi. Etkin bilimsel çalışma yapma kapasitesini bütünüyle yitirdiğinden, son yıllarını sessizlik içinde geçirdi. 1867'de öldü.

Elektrikselliklerin özdeşliği sorunu: nitel ön hazırlıklar

Deneysel Araştırmalar adlı yapıtında (III. seri, 265'ten 378. paragrafa kadar) Faraday, yüzeysel olarak elektrikselliğin farklı biçimlerinin, aslında temeldeki ortak birliğin farklı görünümleri olup olmadığını belirleyecek, ustaca hazırlanmış bir dizi deneyi anlatıyor. Bir anlamda Faraday, daha ilk deneye girişmeden, gerçekte yalnız temel tek bir elektriksellik olduğunu biliyordu. Doğa metafiziği anlayışı başka bir sonuç çıkarmasına izin vermiyordu. Ama metafizik inançlar empirik tanıtlamalar olmaksızın çok şey ifade etmezler.

Neden herkes değişik pek çok elektriksellikler olduğunu sanmıştı? İddia, yüzeysel olarak benzer etkilerin, oldukça farklı süreçler tarafından ortaya çıkarıldığı, bunlar ne olursa olsun temelde oldukça farklı kavramlara dayandığı varsayımına dayanıyordu. 1833'te Faraday'ın dikkat çektiği gibi, "bazı filozoflar hâlâ farklı kaynakların elektrikselliklerı arasında yapılan ayrımlara işaret ediyorlar ya da en azından özdeşliklerinin kanıtlandığından kuşku duyuyorlar"dı. Söz konusu türler şunlardı: Sürtünmeyle elde edilen "adi elektrik"; kimyasal etkimeyle elde edilen "voltaik elektrik"; elektromanyetik jeneratörlerle elde edilen "magneto elektrik"; benzeşmeyen iki metalin ısıtılan iki ucunun değdirilmesiyle elde edilen "termoelektrik"; yılan balığı gibi canlı varlıkların ürettiği "canlı elektrik"tir.

Deney programı, yukarıda adı geçen tüm elektriksel türlerin, etkileri açısından özdeş olduklarının gösterilebileceğine, elektrikselliğin aynı öze dayandığı varsayımına dayanıyordu. Önemli etkiler, sıcaklık değişimi, mıknatıslanma, kimyasal ayrışma, belli fizyolojik etkiler ve kıvılcım üretme yeteneğidir. Deney dizileri, birer birer her kaynakta bütün nitel etkileri ortaya çıkaracak sistematik bir tanıtlama şeklinde örgütlendi.

Voltaik elektriğin, gereken etkilerin çoğunu ortaya çıkarabilecek yetide olduğu düşünülür; ama o, akım şeklinde akmaya hazır bekler. Eğer akma yetisinin olduğu gösterilebilseydi, o zaman elektriksel hareketlerin bütün tipik etkileri beklenebilirdi.

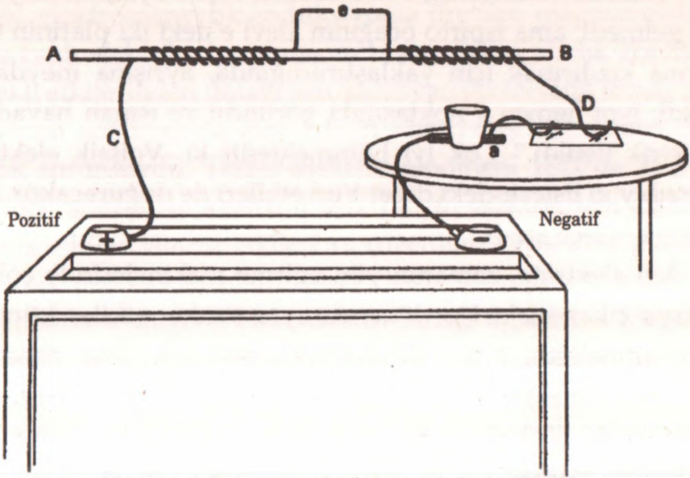


Faraday laboratuvarında çalışırken. Oxford Üniversitesi Bilim Tarihi Müzesi'nde bulunan gravür.

Deney dizileri

Faraday, voltaik elektriğin bir akım biçimini alabileceğini kanıtlamak için, elektrik akımını saptayacak bir aygıt olan galvanometre'yi kullanabilirdi. Ama çok daha duyarlı araçlar yapma olanağı da vardı. Elektrik akımı çok zayıf olsa bile, suda çözünmüş bileşik maddeleri ayrıştırabilir. Çok az bile olsa, bileşenlerinden biri serbest kaldığında çıplak gözle açık-

ça görülebilecek bir bileşik seçerek Faraday, elektrik akımlarını saptayabilecek çok duyarlı bir dedektör yaptı.



Voltaik elektrik deşarjını kanıtlamak için geliştirilen aygıt.

Daha önceki çalışmalarında, bir elektrik devresindeki havayla doldurulmuş aralıklarda, hava ısıtıldığında akım geçtiğini tanıtlamıştı. Voltaik elektrikselliğin bir pilden (voltaik elektriğin kaynağından) ibaret olup olmadığını test etmek için, aygıt hava aralıkları içeren bir devreye bağlandı. Eğer voltaik elektrik gerçekten bir akım meydana getirebilmişse, bu akım aralıklardaki hava ısıtıldığı zaman hemen harekete geçecektir. Faraday deneyi şöyle anlatıyor: "Sıcak havanın adi elektrikselliği sivri uçlardan daha kolay akıtması gibi, sanırım voltaik elektrik de bu yolla akıtabilir. Bu yüzden C, D olmak üzere iki bakır telin sıkıca bağlandığı yalıtılmış bir AB cam çubuğundan oluşan bir düzenek yapıldı. Bu bakır tellere uçları e'de birbirine çok yaklaşan ama değmeyen iki parça iyi cins platin tel lehimlendi. C'deki bakır tel voltaik pilin pozitif kutbuna bağlandı. D'deki telde iletişimi pilin negatif kutbu-

na taşıyan ayrıştırma aygıtı vardı. Bu deneylerde yalnızca iki göz pil veya yirmi çift plaka kullanıldı."

"Anlatılan durumda, *a* noktasında, hiçbir ayrışma meydana gelmedi; ama ispirto ocağının alevi e'deki iki platinin uçlarına kızdırmak için yaklaştırıldığında, ayrışma meydana geldi; iyot hemen *a* noktasında göründü ve ısınan havadan elektrik iletildi." Çok iyi bilinmektedir ki, Voltaik elektrik Faraday'ın listesindeki diğer tüm etkileri de doğuracaktır. İlk adım böylece atıldı.

Adi elektriğe, zamanın yün eğirme makinelerinde çokça ortaya çıkan elektriğe dönerek, aynı türden etkiler kümesi tanıtlanmalıydı. Yine, adi elektriğin pek çok etkisi, örneğin böylesi bir makinede ortaya çıkan elektriğin ısıtıcı etkisi zaten biliniyordu. Voltaik elektrikle karşılaştırıldığında, geriye adi elektriğin manyetik etkisinin gösterilmesi kalmıştı.

Faraday "Eğer adi elektrik [voltaik olanla] özdeşse, onun da aynı güce sahip olması gerekir," diyor. İğne ve çubuklar mıknatıslandığında, voltaik elektriğe uyum gösterdiler; manyetizmanın *yönü* her iki durumda da aynıydı; ama manyetik iğne saptırıldığından adi elektrik yetersiz bulundu. Faraday, gerekli etkiyi elde etmek için, elektrik akışını yavaşlatacak bir yol bulmak zorunda olduğuna karar verdi.

"Adi elektriğe, miktarını değiştirmeyip *yeğinliğini* azaltmak kaydıyla, genellikle sahip olduğundan daha çok voltaik elektriğin gücünü ve özelliklerini kazandırabilme umuduyla baktığım ilk şey kötü iletkenlerin geciktirici gücüydü." Faraday adi elektriğin kaynakları (bir üretim makinesi bağlı bir dizi kavanoz) arasında bağlantı niyetine ıslak bir sicim kullanarak amacına ulaşabildi. "Sonunda, makinenin yaklaşık 40 dönüşüyle pil pozitif olarak yüklendiği zaman, yük galvanometre aracılığıyla çubuk ve ip tarafından boşaltılır. İğne hemen hareket eder." Faraday, deşarj oranını azaltarak, adi

elektriğin, kimyasal yolla elde edilen voltaik elektriğe oldukça benzer davrandığını gösterdi.

Faraday diğer küçük çalışmaların sonuçlarını da özetleyerek, elektromanyetik endüksiyonla üretilen magnetoelektrik ile canlı elektrik olgularına da el attı. Nicel olarak küçük ölçekli etkilerinden dolayı benzeşmeyen iki metalin temas noktasının ısıtılmasıyla elde edilen termo-elektrik olgusu daha çok sorunluydu. Termo-elektrik fenomeni 1822'de T. J. Seebeck tarafından keşfedilmişti. Bu tür elektrik için elektrostatik etkiler, ısınma etkileri ve çözeltileri ayrıştırma gücü net olarak ortaya çıkarılamamıştı. Faraday, şık bir analojik uslamlama tekniğiyle elektriklerin birliği öğretisine karşı ileri sürülen problemden kurtulmayı başardı. Adi elektrikle voltaik elektrik arasındaki farkın, ilkinin yüksek yeğinliğiyle açıklanabileceğini zaten göstermişti. Termoelektrik belki de yalnız çok az yeğinliği yüzünden farklı görünüyordu. Faraday "Sadece belli derecede yüksek yeğinliğe bağlı olan etkiler zayıf veya yetersizdir; eğer adi elektrik termo-elektriğe benzer niteliklere indirgenebilirse, termo-elektriğin ürettiği etkilerin ötesinde bir etki üretemeyecektir," diyordu. Elektrikselliklerin nitel özdeşliğiyle ilgili bütün çalışmaların sonuçları, Faraday'ın *Deneysel Araştırmalar*'ından alınan bir tabloda özetlendi. "x" işareti etkilerin deneysel olarak kanıtlandığını gösterirken, "+" işareti, deneysel olarak gözlemlendiğini, ama var olma olasılığının büyük olduğunu gösteriyordu.

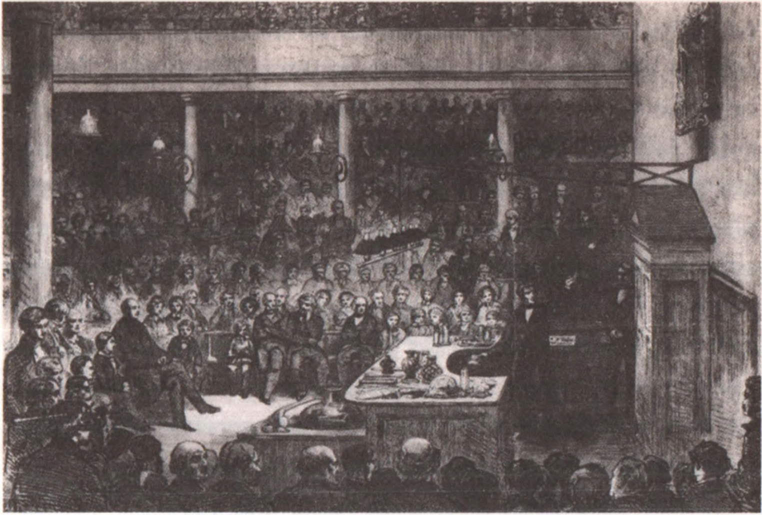
	Fizyoloji etki	Manyetik sapma	Yapay mıknatıs	Kıvılcım	Isıtıcı Güç	Doğru kimyasal etkime	Çekme ve itme	Sıcak havada deşarj
1. Voltaik elektrik	x	x	x	x	x	x	x	x
2. Adi elektrik	x	x	x	x	x	x	x	x
3. Manyetik elektrik	x	x	x	x	x	x	x	
4. Isıl elektrik	x	x	+	+	+	+	+	
5. Canlı elektriği	x	x	x	+	+	x		

Elektriksellikleri̇n özdeşliği: nicel kanıt

Ne var ki yukarıda anlatılanların hepsi deneysel dizilerin yalnızca ilk aşamasıdır. Hâlâ geriye elektriklerin nicel olarak, yani ortak ölçülere göre, özdeş etkiler meydana getirip getirmediğini belirlemek kalıyordu. Faraday, bir sıvı karışım kullanarak niceliğin ortak bir ölçütünü tasarlamalıydı. Kaynağına ve deşarj koşullarına bakmaksızın elektriğin miktarını kaydeden galvanometrenin yeteneğini sınamak için, değişik büyüklükte kavanoz grupları kurdu. Her grup aynı miktarda elektrik depolayabilecekti. Elektrik makinesi her grup için aynı sayıda dönüş yaptığından, grup başına düşen elektrik miktarının aynı olması gerekiyordu. Gerçi her durumda elektrik gerilimi farklıydı; az sayıdaki kavanozlarda fazla, çok sayıdaki kavanozlarda az çıkıyordu. Ama "her biri deşarj durumunda galvanometreyi aynı ölçüde saptırdı." Sonraki adım "henüz anlatılan etkiye eşit etki üreten bir voltaik düzenleme elde etmek"ti.

Deneysel düzenlemeleri dikkatle ayarlayan Faraday, hareketli bir göbeği olan ve standart bir asit çözeltiye daldırılabilen bir voltaik pil tasarladı. Bunu, adi elektriğin verili bir miktarı olarak galvanometrede aynı etkiyi üretmesi sırasında geçen süre belirledi. Hareketli elektrot asit içinde aynı sürede kaldığında, her zaman aynı etkiyi üretti. "Demek, yaklaşık olarak, yalnız mevcut *manyetik kuvvete* göre değerlendirildiğinde, öyle görünüyor ki," voltaik pil, belirli sayıda devir yapan bir elektrik makinesinin ürettiği elektrik miktarıyla belirli bir süre çalışan pilin aynı miktar elektrik ürettiği göz önüne alınarak yapılacaktır.

Galvanometrenin yerine kullanılan iyotlu bir test kağıdının rengi, kâğıt üzerinde değişik şekillerde oluşturulan beneklerin derinliği ve büyüklüğü, kimyasal etkinin bir ölçüsü olarak değerlendirilebilir. Aynı miktarda voltaik ve adi elekt-



Faraday Kraliyet Enstitüsü'nde ders veriyor. 16 Şubat 1856 tarihli *London Illustrated News*, s. 177.

rikler, aynı kimyasal etkiyi ürettiler. Faraday, voltaik elektrik biçimini pilin çalışma süresiyle, adi elektrik biçimini makinenin dönüş sayısıyla ölçtü. Bu karşılaştırma daha büyük elektrik miktarları için de, her iki biçimin özdeş olduğu düşüncesini doğruluyordu. Böylece Faraday şu sonuca vardı: " bütün durumlar için muhtemelen, *tıpkı manyetik kuvvet gibi, kimyasal güç de, akış halindeki elektriğin mutlak miktarıyla doğru orantılıdır.*"

Sonraki gelişmeler

Hemen herkes, Faraday'ın elektriksel etkilerin kaynağının özünde bir olduğunu yeterince kanıtladığına inanıyordu. Ne var ki, deneylerin kuramsal açıdan kavranışı yeterli değildi. 1879'da J. J. Thomson, elektriğe ilişkin elektron kuramını ortaya koyana dek, bu sonuçların bilimsel temele oturan bir açıklaması yapılamadı. Elektronun elektriğin temel atomu olduğu, her elektronun eşit elektrik yükü taşıdığı dü-

şünülüyordu. Elektrik üretmenin bütün değişik yöntemleri, aslında elektron akışını serbest bırakma yöntemidir. Serbest bırakılan birim yüklerin sayısı elektriğin miktarını akış oranı akımı belirler. Elektrik akışının yol açtığı kimyasal ayrışma, her biri bir ya da daha küçük sabit sayıda elektron alışverişi olan atomik etkileşimin toplamıdır. Bu doğruysa, elektrik akışının toplam kimyasal etkisi ile akış halindeki elektrik miktarı arasında bir orantı olmalıdır. Çünkü elektrik nasıl üretilirse üretilsin, elektron akışından başka bir şey değildir. Ortak etkiler ve ortak ölçüler konusunda, Faraday'ın gerek başkalarının çalışmalarından derlediği bilgilerde gerekse kendi çıkardığı sonuçlarda benzer açıklamalar yer alıyordu.

Deney dizilerinin arkasında yatan akıl yürütme oldukça çetrefildir. İleri sürülen temel ilke, farklı üretim tarzlarının farklı "malzemeler" ürettiği varsayımıdır. Faraday'ın deney sonuçlarından hareketle yaptığı çıkarım ilkece şöyle ifade edilebilir: Eğer çeşitli nedenle, açıkça hem nitel hem de nicel olarak benzer etkiler doğuruyorsa, bunlar gerçekte bir ve aynı olmalıdırlar. İki ilke arasında köprü kurmak için, nedenleri aktif üretici güçlere bağlayan üçüncü bir ilkenin ortaya konması gerekiyor. Ancak böyle bir ilkenin kanıtı ötekinin kanıtını geçersiz kılabilir. Bu nitelemeye göre ikinci ilke kabul edildiğinde, test sonuçlarının tamamıyla aynı aktif güç tarafından üretilen bir alana yayıldığı düşünülebilir. Ancak bu şekilde yenilenmiş bir ilke, birinci varsayım üzerindeki kuşku tohumlarını dağıtabilir.

Ek okumalar

Faraday, M., *Experimental Researches in Electricity, 1839-1855,* 3 cilt, Everyman, Londra, 1951.

Pearce Williams, L., *Michael Faraday*, Londra, 1965.

III

TEKNİK

A

Elle Kullanımda Doğruluk ve Dikkat

Buraya kadar tartışılan deney örneklerinde, zaman zaman teknik düzeye ve doğru ölçümlere gönderme yapılmıştı. J. J. Berzelius yeni araç ve gereçler geliştirmekle pek uğraşmadı; ama deney sürecinin yönlendirilmesinde çok duyarlı ölçütler kullandı. Bunlar kimyasal usullere tamamen yeni standartlar getiren ölçütler olacaktı.

19. J. J. BERZELIUS

Kimyasal Ölçümlerin Yetkinliği


Jöns Jacop Berzelius

Jöns Jacop Berzelius 1779'da İsveç'in Ostergotland bölgesindeki Vaversande şehrinde doğdu. Babası öğretmendi. Yazık ki Berzelius daha çocukken öldü. Annesi babasının ölümünden sonra tekrar evlendi. Ancak kısa zaman sonra o da ölünce, çocuk "Flora Teyzeciği" tarafından büyütüldü. Teyzesi genç bir dulla evlendiğinde, delikanlı bu evliliği hoş karşılamadı ve amcasının yanına gönderildi. On ikisinde, özel ders vererek yaşamını kazanacağı Linkoping'de okula gönderildi. Bu dönemde doğa tarihine büyük ilgi duydu. Ama okulda birtakım sorunlar vardı. Gerektiği kadar gayretli değildi. Belki de bu yüzden okul yönetiminin önerisiyle okulu bıraktı. 1796'da Uppsala'da tıp öğrenimine başladı. En azından bir süre, titanyumu bulan ünlü kimyacı, mükemmel öğretmen A. G. Ekeburg'tan kimya dersleri alması onun için çok büyük bir talihti. Bununla beraber, bu çalışmaları sürdüremedi. Çünkü ders almaya gücü yetmemişti.

Parasal sorunları, kendisini önce bir eczacının yanına, sonra bir kaplıcadaki hekimin yanına yardımcı olarak veren am-

cası tarafından çözüldü. Bu dönemde nicel çözümleme tekniklerini öğrendi. Kaplıca tedavisinin gizemi, sudaki minerallerin varlığı ile ilgili olmalıydı. Berzelius bu sırada özellikle tıpla ilgileniyordu; yine bu sırada hazırladığı doktora tezi de, elektriğin tıbbi bir uygulaması olan galvano-terapi hakkındaydı. 1800'de Stockholm'de bir cerraha asistan oldu. Ancak aşağı yukarı aynı sıralarda genç bir maden sahibi olacak kadar zengin Wittisinger ile bir dizi kimya çalışmasına başladı. 1805'de Doğu Stockholm'e "yoksul doktoru" olarak atandı. 1807'de Karolinska Tıp Enstitüsü'nde kimya profesörü oldu. Bu dönemde de kimya çalışmalarına devam etti. İlk çalışması bu noktada hayvan ürünlerinin oluşumuyla ilgiliyken, kısa zaman sonra inorganik analize döndü. Zamanın kimyasını değiştiren, katılarla ilgili oldukça yeni standartlar geliştirdi. 1832'de İsveç Ulusal Eğitim Komisyonu'nun, enstitüye üniversite statüsü vermemesi üzerine profesörlükten istifa etti. 1835'de ilerlemiş yaşında, Elisabeth Poppins ile evlendi. Bu sırada Berzelius'un ünü uluslararası düzeye taşmıştı. Ayrıca evliliği nedeniyle Baron olmuştu. Büyük şöhretine, bahşedilen onurlara karşın yaşlılığında çok bunalmıştı: "Bir yaşlanmaya görün, vaktinize ne olacağını Tanrı bilir. Her zaman meşgulsünüz, önemli işler yaparsınız, çalışırsınız, ama hepsini topladığınızda sonuç yine sıfırdır," sözleri yaşadığı acıyı gösteriyor.

Berzelius öncesi analitik kimya

1810'da kimya empirik yöntemlerde ciddi bir yetersizlikle karşılaşmıştı. Dalton, kaba verilerden kalkıp hem zekice hem de çılgınca genellemelere ulaşarak, elementler bileşik oluşturduklarında, atomların bunu teker teker birleşerek yaptıklarını öne sürmüştü. Ayrı elementlerin atom ağırlıkları arasındaki farklılıkları kabul edersek, bu birleşme ilkesinden, bir bir-

leşik oluşturan bileşenlerin miktarları arasında basit ve sabit bir orantı olmak zorundadır varsayımına yöneliriz. Dönemin bütün analitik çalışmalarının arkasındaki temel akıl yürütme şöyle ifade edilebilir: Eğer sodyumhidroksit, bir sodyum atomunun bir oksijen ve bir hidrojen atomuyla birleşmesiyle oluşuyorsa ve sodyum atomları hidrojen atomlarından 23 kez daha ağır, oksijen atomları hidrojen atomlarından 16 kez daha ağırsa, o zaman bileşiğin herhangi bir örneğinde sodyumun, oksijenin ve hidrojenin ağırlıkları 23:16:1 orantısında olmalıdır. Geriye doğru çalışarak, elementlerin atomlarının birim ağırlıklarını tahmin etmek için pek çok bileşiği karşılaştırabilmeliyiz. Öyleyse bir bileşiğin ayrıştırılmasıyla bulunan her bir elementin ağırlığının, atomun birim ağırlığına bölünmesiyle, bir bileşiğin birimlerinin atomik oluşumunu bulabiliriz. Bu bileşik oluşturucuları "molekül" olarak adlandıracağız. Örneğin eğer sülfür atomunun, hidrojen atomundan 34 kez ağır olduğunu ve bir hidrojen sülfit örneğinde 0,04 gram hidrojenin 0,68 gram sülfürle birleştiğini düşünürsek, basit aritmetik işlemlerin yardımıyla hidrojen sülfitteki hidrojen ve sülfür atomlarının oranının 2:1 olduğu sonucuna varabiliriz.

Berzelius, kendi zamanında kullanılan çözümleme yöntemlerinin yanlışlığı ve yetersizliği yüzünden büyük düş kırıklığına uğradı. Askeri Akademi öğrencileri ve tıp öğrencileri için kimya ders kitabı yazmaya başladı. Var olan nicel verileri düzenleyip bir sisteme sokmaya çalıştığı zaman yalnızca karışıklıklar değil, bariz çelişkiler buldu. Sonuçlar çeşitli bileşikler arasında düzene sokulduğunda, tutarsızlıklar ortaya çıktı. Dalton tarafından özenle hazırlanan atom kuramı elementler arasındaki ilişkilere kesin koşullar koyar. Bir A elementinin verili ağırlığıyla belli ağırlıktaki B elementi birleştirilirse ve aynı ağırlıktaki A ile o kadar ağırlıktaki C elementi birleştirilirse, o zaman B ile C birleştirildiklerinde, ağırlıkları arasında

ELEMENTS

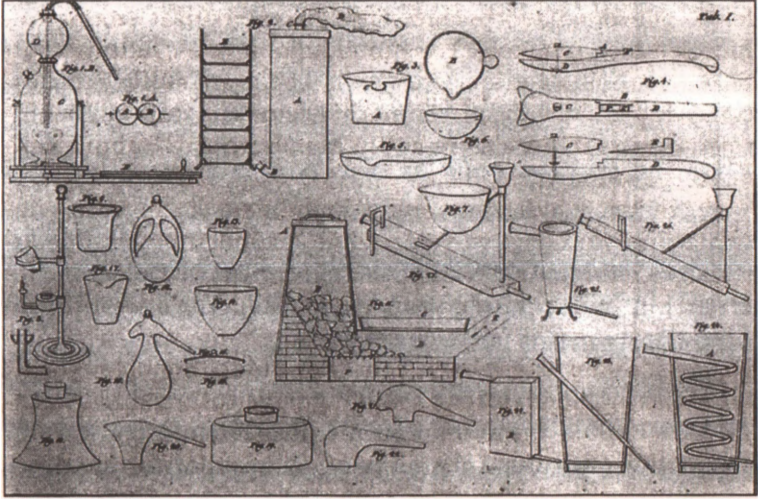
	W^t		W^t
Hydrogen	1	Strontian	46
Azote	5	Barytes	68
Carbon	5½	Iron	50
Oxygen	7	Zinc	56
Phosphorus	9	Copper	56
Sulphur	13	Lead	90
Magnesia	20	Silver	190
Lime	24	Gold	190
Soda	28	Platina	190
Potash	42	Mercury	167

Dalton'un elementler tablosu, 1806-7, Londra Bilim Müzesi.

belli bir ilişki olmalıdır. Ya her biri Ay'a göre aynı oranda ya da ağırlıklarının integral çarpımı kadar olmalıdırlar.

Öyleyse kombinasyondaki B ve C'nin atom sayıları, birbiriyle bir araya geldiği zaman başka, her biri A ile bir araya geldiğinde başka olabilir. Ama Berzelius, göreli ağırlık ölçümlerinin var olan sonuçlarını bu koşullara uydurmanın olanaksız olduğunu gördü. Böylece kesin ölçümlerle ilgili

saplantısı başladı. 1810'larda kimyanın gelişmesi için kılı kırk yaran, doğrudan şaşmayan, yepyeni bir deneyin elzem olduğuna karar verdi. Ancak o zaman, bileşiklerin atomik oluşumları hakkındaki güvenilir varsayımlara ulaşılabilirdi. Sadece bu amaca ulaşmak için on yılını adadı.



Berzelius'un geliştirdiği düzeneklerden örnekler. *Kimya Üzerine Deneme*'nin özgün İsveççe baskısından alınmıştır. Cilt III, Tablo 1.

Hem Dalton (atom kuramının kimyasal yorumunu başlatan) hem de Wollaston (nicel kimyaya önayak olmuş İngiliz kimyacı) bileşen maddelerin ağırlıkları arasında 1:1, 1:2 ya da 3:2 gibi integral orantılar olduğuna inanmıştı. Bu düşünce, farklı elementlerin atom ağırlıklarının farklı, ama sabit olduğu varsayımıyla birlikte, doğrudan doğruya atom kuramından kaynaklanmaktadır. Berzelius, İngiliz kimyacıların çalışmalarını biliyordu. Gay-Lussac, gazların kimyasal birleşiminde bu oranın hacme integral oranda yansıdığını göstermişti. Buna göre su, hacimce iki birim hidrojen ile bir birim oksijenin birleşmesinden oluşuyordu. Berzelius bundan da haberdardı.

O sıralarda, atomlar ile moleküller arasındaki ayrımın açık ve kesin bir biçimde ortaya konulmadığı hatırlanmalıdır. Bütün bu konuları düşünmesi Berzelius'u, eşit hacimdeki kararlı gazların (sıvılaştırılamayan gazların) aynı sıcaklık ve basınçta eşit sayıda atom içermeleri gerektiği kanısına yöneltti. Bu durumda ortaya çıkan, hacimlerin integral oranlarıyla ağırlıkların integral oranları arasında bir ilişki olmalıdır; kimya çalışmalarında ortaya çıkan sonuç buydu. Bu kavram ileride kimyaya daha rafine haliyle Avogadro Hipotezi olarak girecektir. Bu görüşler eksik de olsa, Berzelius'u amacına ulaştıracak kuramsal birikimi sağlamıştı. Bu temel, Berzelius'un birleşen ağırlıkların integral oranlarda olması gerektiği varsayamını kuramsallaştırmasına ve "doğru" ölçüm düşüncesini formülleştirmesine imkân vermişti.

Bir ölçüm, atom kuramı öyle gerektirdiği için, integral orantıları verdiği zaman doğrudur. Berzelius öz yaşamöyküsüne şu notu düşmüş: "Doğru sonuçlar verecek en emin yöntemi bulmak için, analizlerimi değişik yöntemlerle tekrar tekrar denemek zorunda kaldım." Berzelius'un söz ettiği doğru sonuçlar atom kuramıyla uyumlu sonuçlardır. Berzelius elementlerin integral oranlarda birleştiğini keşfetmedi. Atomların gerçekten bu ilkeye göre birleşmeleri gerektiğini düşünerek, bulduğu sonuçlar bu ilkeyle uyumlu olana dek deney tekniğini düzeltti ve geliştirdi.

Analitik program

Başarısının sırrı, bir tür kusursuzluk, doğruluk saplantısıdır. "Buna yönelik girişimlerim başarılı değildi," diyor Berzelius. "Hâlâ ne gereken duyarlı ölçütlere ilişkin ne de nihai sonuçlardan daha büyük duyarlılığın nasıl elde edilebileceği-

ne ilişkin deneyimim vardı." Bu güçlüklerin yanıtı ayrıntıya verilen önemdedir. Gereçler, mümkün olduğunca az madde ziyan edecek şekilde düzenlendi. Sıvı kullanımını gerektiren deneylerde, kapların ağzı son damlayı bile ziyan etmeyecek şekilde olmalıydı. Kâğıt filtrelerin standart kül tortularının olmasının yanı sıra, kullanılmadan önce ıslatılmaları da gerekiyordu. Böylece eriyikte çözülen bazı maddelerin kâğıt lifleri tarafından emilmesi önleniyordu. Ama her şeyden önce yönlendirme tekniklerinin kesin olması gerekiyordu. "Çok sayıda küçük ayrıntıyı gözlemlemek gerekiyordu. Eğer küçük bir ayrıntı gözden kaçmışsa çoğu zaman haftaların emeği boşa gidiyordu."

Atom ağırlıklarını belirlemek iki şeye bağlıdır. Bileşiklerdeki farklı elementlerin bağıl atom numaralarını, örneğin bir oksidin ZnO mu, yoksa ZnO_2 mi ya da Zn_2O mu olduğunu bilmek gerekir. Ayrıca bu şekilde birleşen elementlerin eşdeğer ağırlıklarını da bilmek gerekir.

Çinko oksitteki çinko ve oksijen elementlerinin bağıl ağırlıkları biliniyorsa, oksidin atom bileşimine oksijenin bir çinkonun bir atomla katıldığı biliniyorsa, bağıl ağırlıkların her elementin bağıl ağırlıkları olduğu da bilinir. Bütün ağırlıklar oksijenin ağırlığına göre saptanarak bir standart elde edildi.

Berzelius tarafından kusursuzlaştırılan temel yöntem oksijen bileşiklerini kapsıyor. Bunlar çok daha yaygındı ve İngiltere'de tercih edilen hidrojen bileşiklerinden daha kolay yönlendiriliyordu. Ama hyrides kullanımı oldukça yaygındı. Bu yüzden Berzelius, sonuçlarını hem hidrojen hem oksijen standartlarına bağlı olarak verdi. İstendiğinde metalin verili bir miktarı ile başlanıp oksit oluşturabilir ya da oksitle başlanıp hidrojen yardımıyla metal elde edilebilirdi. Berzelius tarafından özellikle seçilen yöntem yönlendirme kolaylığına ve hata olasılığına dayanıyordu.

Uslamlama çok basitti. Birleşme oranı aşağıdaki gibiydi:

$$\frac{\text{Oksidin ağırlığı - Metalin ağırlığı}}{\text{Metalin ağırlığı}}$$

Eğer atomik oranlar diğer analizlerle karşılaştırma yapılarak elde ediliyorsa, atom ağırlıklarının oranını hesaplamak kolaydır. Örneğin, oksit iki atom oksijen bir atom metalden oluşuyorsa, o zaman yukarıdaki oran ikiye bölünmelidir.

Şimdi Berzelius'un oksijen ve hidrojene göre klor atomunun ağırlığını bulurken anlattığı işlem basamaklarını verebiliriz. Berzelius bunları *Treatise on Chemistry* (Kimya Üzerine Deneme) adlı yapıtının V. cildinde anlatıyor. "[Klorun] atom ağırlığını aşağıdaki deney yardımıyla buldum: (1) kuru damıtmada, susuz potasyum kloratın 100 parçasında 38,15 parça oksijen ortaya çıkıyor ve geriye 60,85 parça potasyum klorat kalıyor. (Dört ölçümün sonuçları arasında uyuşma var.) (2) 100 parça potasyum kloritten 192,4 parça gümüş klorit elde ediliyor. (3) 100 parça gümüşten 132,175 parça gümüş klorit elde edilebiliyor. Eğer klorik asidin 2 Cl ve 5 O'dan oluştuğunu varsayarsak, o zaman bu verilere göre bir klor atomu 221,36'dır. Eğer Lussac tarafından elde edilen yoğunluktan hesap yaparsak, klor atomu 220 olur (oksijenin atom ağırlığına bağlı olarak). Eğer hidrojen temelinde hesaplanırsa 17,735 çıkar."

Deneyin ardındaki akıl yürütmenin sadeliği ve deney sürecinin yönlendirilmesindeki dikkat bu alıntıda çok canlı bir ifade buluyor. Belirlenen standarda (oksijen) göre söz konusu elementin (klor) oranını elde etmek için, her biri olabildiğince doğru olmak zorunda olan birçok farklı oran tespit edilmiş ve bunlar teker teker gözden geçirilmiştir. Berzelius'un bulduğu sonuçlar çağdaş hesaplarla bulunan sonuçlarla, bir şey dışında, çok iyi uyuşuyor. Bu sonuçlar çağdaş hesaplarla bulunan

değerlerin yarısına eşittir. Bunun nedeni çağdaş kimyada hidrojenin standart kabul edilmesidir. Atomlar ile moleküller arasında bir ayrım yapılmamışsa, hidrojeni tek-atomlu gaz olarak düşünmek doğaldır. Eğer hidrojenin son tanecikleri atomlar olarak, tek Hs olarak (şimdi gerçekten H_2 gibi bir çift atomdan oluşan molekül gibi düşünüyoruz) düşünülürse, 2H=1 standart kabul edilebilir. Berzelius'un yaptığı da tam olarak budur. Değerleri düzeltirsek hidrojene göre klorun atom ağırlığını 35,47 olarak buluruz.

Bilimsel yöntem açısından bakıldığında, Berzelius'un "yoğun modeller"e düşkünlüğü kayda değerdir. Deneyler aracılığıyla genel bilgi kazanmanın iki yolu vardır. İlkinde çok sayıda örneği araştırır sonra bir çeşit ortalama yaparak bunların tipik özelliklerini buluruz. Buna "yaygın model" denir. İkincisinde bir veya en çok birkaç olgu alınır. Bunlar tipik sayılır. Bunların özellikleri, benzerlerinin tanımlayıcı özellikleri olur. Buna da "yeğin model" denir. MacNevin'in Berzelius için dediği gibi, "uygun analiz yönteminin seçimi, bugün alışkın olduğumuz bitmek bilmez tekrarlardan çok daha önemli görünüyordu ona... Berzelius herhangi birini bir kere tamamladı mı, onu nadiren tekrarladı, bu yüzden güvenirliğini savunmaya hazır olurdu."

1818'de Berzelius bilinen kırk dokuz atomdan kırk beşinin atom ağırlıklarını duyurmaya hazırdı. Yaşamı boyunca bu sonuçları geliştirmeye ve genişletmeye devam etti.

Berzelius yalnızca mükemmel bir deneyci değildi. Davy' nin yaptığı gibi, ama çok daha ayrıntılı ve kesin sonuçlar içeren, kimyasal bileşimlerin elektrik kuramını geliştirdi. Jorpes'ten aktaran Soderbaum'a göre Berzelius şöyle diyor: "Atomlar iki tür elektrik içerir; bunlar atomun farklı kutuplarında bulunur. Ancak bir türü baskındır. Birleşme eğilimi, taneciklerin elektrik kutuplarının etkisinden ileri gelir. Bu

nedenle, bütün bileşikler iki parçadan oluşur. Bu parçalar elektriksel tarzlarının doğasına göre ayrılır; çekimle bir arada bulunurlar. Bu yüzden bütün bileşikler, kendilerini oluşturan elementlerin sayısına bakılmaksızın zıt yüklü iki parçaya bölünebilir."

Bu güçlü bir kuramdı. İnorganik bileşiklerde iyi iş gördü. Ama organik bileşiklerde klorun, atomlar düzeyindeki bir alışverişle, hidrojenin yerini tutabileceği keşfi, kuramın geçici süreyle gözden düşmesine yol açtı (Berzelius'un da, ikameyi keşfeden Liebig'in daimi süreyle gözünden düşmesine neden oldu!) Berzelus'un kuramına göre, eğer hidrojen elektropozitif ise, bir başka bileşikte hidrojenin yerini tutacak herhangi bir atom da elektropozitif olmalıdır. Çünkü diğer bileşendeki negatif yük tarafından yerinde tutulacaktır. Ama klor elektronegatiftir. Pek çok hidrokarbonda klorun hidrojenin yerine geçmesi, Berzeliusçu kuramla doğrudan çelişiyor gibi görünüyor.

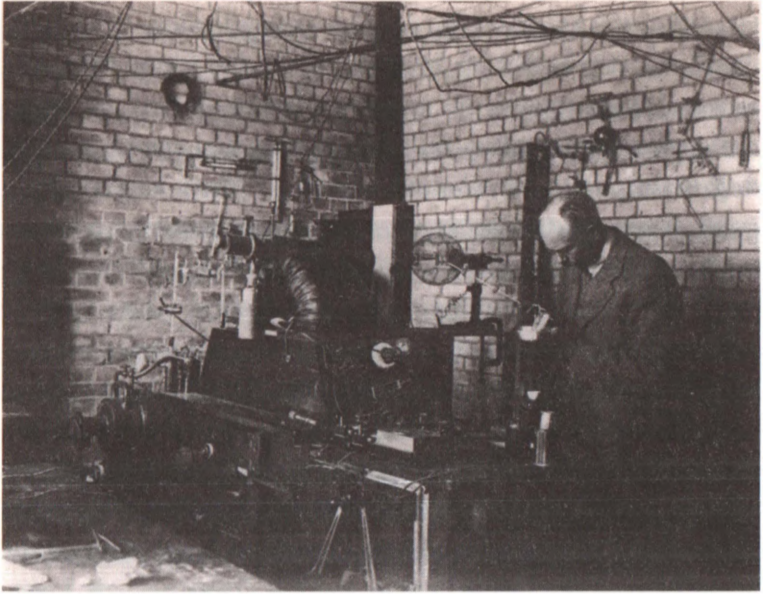
Son olarak, 27 yıl bütün Avrupa'da kimya bilgileri ve tekniklerindeki gelişmeleri özetlediği, yorumladığı ve eleştirdiği Kimya Yıllığı'nın (*Jahresbericht*) yazarı olarak Berzelius'un hem kimya hem de kimyacılar üzerindeki muazzam etkisini belirtmeliyiz.

Berzelius'tan sonra durum

Berzelius'un yöntemi, bir bileşikteki her çeşit atomun oranını saptayacak duyarlılığa dayanıyordu. Ayrıca bazı atom ağırlıkları için daha dolaysız bir yöntemden, leke kontrolünden yararlanabildi. Bu teknik Dulong ve Petit tarafından kusursuz hale gerildi. Dulong ve Petit, Dalton'un, bütün gazların atomlarının ısınma kapasitesinin atomların göreli büyüklüğüyle ilgili olduğu düşüncesini inceliyorlardı. İnceleme sonunda Dalton'un varsayımsal olarak saptadığı sayıların, oldukça ha-

talı olduğunu anladılar. Bu çalışma sırasında atom ağırlığıyla özgül ısı, yani belirli bir kütlenin sıcaklığını birim miktarda artırmak için gereken ısı miktarı arasında önemli bir ilişki olduğunu tespit ettiler. Bu ilişki sadece katı maddeler için doğrulandı; sonradan sonraya atomik ısı yasası adıyla bilinegeldi. Atom ağırlığı ile bir elementin özgül ısının çarpımının sabit olduğu ortaya çıktı. Dulong ve Petit, Regnault'un yardımıyla Berzelius'un bulduğu sonuçları kontrol ettiler ve bazı sayıların iki katına çıkarılmasının, bazılarının yarıya indirilmesinin gerektiğine karar verdiler. Örneğin gümüş ve kükürtün atom ağırlıkları yanlış hesaplanmıştı. Berzelius'un bulduğu sonuçlardan bazılarını doğrudan kontrol edecek kurallar geliştirmişlerdi; ama ne yazık ki bu şekilde bulunan sonuçlar arasında da istisnalar vardı, dolayısıyla onların yöntemi de bütünüyle güvenilir bir kılavuz değildi. Zamanla, çok kesin kimya bilgilerinin toparlanması, atomlar ile moleküller arasındaki farkın daha iyi bilinmesi, doğrudan ölçüm tekniklerinin daha fazla duyarlı hale getirilmesi 19. yüzyıl bilimindeki anomalilerin çoğunu aydınlattı. Ama ölçülen atom ağırlıklarının neden kesin olmadıkları açıklanmadan kaldı.

1886'da ilk kez Crookes, bizim 'element' diye bildiğimiz şeylerin, çok daha elementer maddelerin karışımı olabileceğini ileri sürdü. Bu maddelerin atomlarının kütleleri, az çok Prout'un ortaya koyduğu gibi, oksijen atomlarının kütlesiyle integral oranlarda olmalıydı. Ama bu düşünce deneysel olarak, F. W. Aston kütle spektrografını geliştirene dek doğrulanmadı. Aston, J. J. Thomson'un elektronların fiziksel özelliklerini (Bkz. Deney 16) araştırırken kullandığı manyetik ve elektriksel alan gerecini geliştirmekle, elektrik yükü aynı, ama kütlesi farklı olan atomları ayırt edebildi. Önceden bunların hepsi (örneğin neon atomları) aynı türden sayılıyordu. Karışıklık artmıştı. Çünkü atomların kimyasal davranışları-



F. W. Aston ve Cavendish Laboratuvarı'nda bulunan kütle spektrografı, Cambridge.

nın, geniş ölçüde elektriksel özelliklerince, çok az da kütlelerince belirlendiği ortaya çıkmıştı. Aston atom sayıları çift olan elementlerin, iki izotop (böyle adlandırılmaya başlandı) oluşturma eğiliminde olduklarını gösterdi. Bunların her biri hemen hemen integral ağırlıklara sahip olduğu gibi, Berzelius'un hesapladığı, izotopların karışımının bir sonucu olan geleneksel atom ağırlığına da sahiplerdi. Doğada farklı elementler, başka bir deyişle izotoplarının farklı orantılarından hazırlanmış elementler bulundu. Bu, doğruluk timsali Berzelius'un klorun atom ağırlığını neden 35,47 gibi (modern hidrojen standardına uygun hale getirildi) şekilsiz bir sayı bulduğunu açıklamaktadır.

Bu deneylerde ölçüm tekniklerinin duyarlı hale getirildiğini görüyoruz. Ama "duyarlılık", "doğru sonuç" düşüncesiyle bağlantılıdır. Şeylerin nasıl olması gerektiği konusunda ön-

ceden oluşmuş bir kavramsallaştırma olmaksızın, doğru ya da yanlış sonuçlar hakkında bir düşüncemiz olamaz. Atom kuramının yardımıyla Berzelius deney sonuçlarını önceden tahmin etti. Bu kuramı kullanarak deneyleri doğruladı.

Ek okumalar

Berzelius, J. J., *Essai sur la théorie des proportions chimiques et tables synoptiques de poids atomiques*, Paris, 1819.

Berzelius, J. J., *Traité de chimie*, 8 cilt, Paris, 1829-1833.

Jorpes, J. E., *Jac. Berzelius: His Life and Work*, İsveç Kraliyet Bilim Akademisi, Stockholm, 1966.

MacNevin, W. M., "Berzelius, pioneer atomic weight chemist" *Journal of Chemical Education*, s. 207-210, 1954.

Szabadvary, E, *History of Analytical Chemistry*, çev. G. Svehla, Oxford, 1966, VI. Bölüm, 2. ve 3. kısımlar.

B

Aygıtların Çok Yönlülüğü ve Gücü

Deney sürecinin yönlendirilmesinde dikkat, tekniğin ancak bir yüzüdür. Diğeri, deneylerin yürütüldüğü aygıtların marifeti, verimliliği ve gücüdür. Deneyleri, saf mantıksal terimlerle (özellikle deney bilgisi, tamamlanmış bir araştırmadan ya da bilimsel bir makale ya da kitaptan edinilmişse) düşünmek çok kolaydır. Bazen çok güçlü ve çok yönlü bir aygıtın keşfi bütünüyle yeni bir alanın açılmasına neden olur. Bu tür aygıtların en yaratıcısı Otto Stern ve H. Gerlach tarafından, moleküler demetin üretilmesi ve araştırılması için geliştirilen aygıttır.

20. OTTO STERN

Maddenin Dalga Tarzı ve Üçüncü Kuantum Sayısı


Otto Stern

Otto Stern, 1888'de eskiden Almanya'nın bir parçası olan Silezya'nın yukarı bölgesindeki Schrau'da doğdu. Babası varlıklı bir tahıl tüccarı ve değirmenciydi. Ailenin ekonomik güvencesi Stern'in bilimsel kariyerini oldukça fazla etkiledi. Beş çocuğun en büyüğüydü. İlk ve orta öğrenimini Breslau'da (şimdi Polonya'da) tamamladı. 1906'dan itibaren zamanın modasına uyarak Alman üniversitelerini dolaştı. Freibourg'da, Münich'te, Breslau'da çalıştı. Başına buyruk, servet sahibi genç bir adam olarak ilgilerini tatmin etmede, konumuyla doğrudan ilgisi olmayan projeler üzerinde çalışma konusunda Alman öğrencilerin çoğundan daha özgürdü. Termodinamiğe olan ilgisi onu, kimyasal bağıntıların termodinamik özellikleri üzerine yoğunlaşan Breslau'ya geri çekti. 1912 yılında burada fiziksel kimya dalında doktora yaptı.

O yıl Einstein'dan etkilendi. Prag'da doktora sonrası çalışmasını onunla birlikte yaptı; daha sonra Einstein'la birlikte

1913'te Zürich'e gitti. Stern'in ilgisini çeken, Einstein'ın görelilik kuramından çok onun molekülle ilgili çalışmalarıydı. 1914'te Max Born ile tanıştı ve onunla çalışmaya başladı. Aynı yıl üniversitede maaşsız doçent olarak, *Privat dozent* olarak çalışmasına izin verildi.

Stern Birinci Dünya Savaşı boyunca Alman Ordusu'na hizmet etti; ama bir yolunu bulup bilimsel çalışmaları sürdürdü. Bir ara Polonya'da meteoroloji uzmanı olarak çalıştı. Ancak savaşın son yılında, Nernst'in Berlin'deki laboratuvarında yürütülen çalışmalara yardım etmek üzere gönderilen bilimadamları arasındaydı.

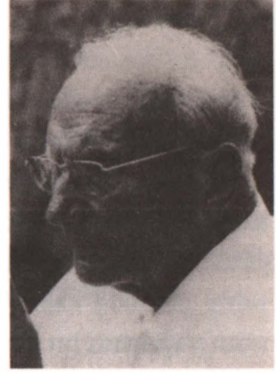
Işık demetlerine benzer serbest atomları araştırmak için geliştirdiği moleküler demet yöntemi savaştan sonradır. Bu bölümde anlatılan deneyin dayandığı atom demetleri, maddenin dalgamsı özelliklerinin (klasik fizikte bütünüyle parçamsı olduğu varsayılıyordu) temel kanıtlarıdır. 1923'te Hamburg'a kendi laboratuvarına taşındı. Yeni ve daha iyi aletlerle moleküler demet yöntemini daha da geliştirdi. Böylece maddenin dalga görünüşünün gerçek kanıtına erişti.

Stern 1933'te Nazi rejiminin tehdidi nedeniyle ülkeyi terk etti. Birleşik Devletler'e yerleşti ve Carnegi Entitüsü'nde çalıştı. Hitler yönetimi tarafından kovulanlardan farklı olarak, Almanya'da çalışmalarını yarım bırakıp ayrılmak zorunda kalmadan önceki verimliliğini bir daha yakalayamadı. 1943'te Nobel Ödülü aldı. 1946'da California'da, Berkeley Üniversitesi'nden emekli oldu ve 1969'da orada öldü.

Deneylerin genel durumu

Stern'in moleküler demet aygıtını geliştirmesi sayesinde yapılan buluşlar, onun kendi varsayımlarını test ettiği sıralarda formüle edilen problemlerle ilgiliydi. Bu varsayımların sonradan fiziğin ana akımlarıyla doğrudan ilgisi olduğu gö-

rüldü. Atomla ilgili elektron kuramı, Rutherford'un atomların çekirdekli biçimini kanıtlanmasından çıkan ipuçlarının yardımıyla, Neils Bohr tarafından geliştirildi. Eğer atomun hem pozitif yükü hem de kütlesinin büyük kısmı küçük merkezi bir bölgede ya da çekirdekte yoğunlaşırsa, o zaman kalan kütle ve dengeleyici negatif yükün çevrede yoğunlaştığını düşünmek mantıklı olacaktır. Elektronları küçük yüklü cisimler olarak düşünmek ve onları çekirdeğin çevresinde dönüyormuş gibi hayal etmek doğal bir gelişmeydi. Bu düşünce çok önemli bir dizi sorun ve kavramı akla getiriyordu: Eğer elektronların yörüngeleri varsa, bu yörüngeler uzayda nasıl düzenlenmişti? Eğer elektronlar bu yörüngelerde hareket ediyorlarsa, açısal momentleri, döngüsel hareketlerinin şiddeti nedir? Eğer bu yörüngeler bir veya birçok düzlemde bulunuyorsa, güneş sisteminin gezegen yörüngeleri gibi, bu düzlemler birbiriyle nasıl ilişkilidirler? Son olarak, eğer elektronlar küçük yüklü cisimlerse, kendi eksenleri etrafında dönmeli ya da tur atmalıydılar. Bu hareketlerin yönü neydi?


Walter Gerlach

Bohr, sıcak gaz ve katı cisimlerden yayılan ışığın nedenini, elektronların yörünge değiştirmesine, elektronların işte bu süreçte enerji yitirmelerine, ışık olarak yayılan enerjiyi yitirmelerine bağlayarak açıklamayı önermişti. Ne var ki, akkor halindeki maddeler tarafından yayılan ışığın, sürekli bir tayf gibi değil ama, farklı dalga boyları gibi göründükleri uzun zamandan beri biliniyordu. Bunu açıklamak için, Bohr elektronların mekanik olarak olası yörüngelerden bazılarını işgal edebildiğini öne sürdü. Bunlar, "temel kuantum sayısı" ola-

rak adlandırılarak, $n = 1, 2, 3,...$ biçiminde gösterildi. "Kuantum" terimi, sabit bir yörüngeden diğerine sıçrayınca serbest kalan, belli bir dalga boyunun ışık olarak yayılan soyut enerji "paketi"ni belirtiyor.

Atomik yörüngeler hakkında daha sonra yapılan bir araştırma ikinci bir kuantum sayısının olması gerektiğini akla getirdi. Göründüğü kadarıyla elektronlar açısal momentuma sahip olmakla kalmayıp, belirli hızlarda dönüyorlardı. Atomun yapısının bu özelliği l harfi ile gösterildi. l, n'ye bağlanabiliyordu. Çünkü 0 iken n-l arasında yatan Z'nin, yalnız integral değerlerinin *kabul edilebileceği* açısal momentler temsil edildiler.

Gezegensel hareketlerin, yani yörünge düzleminin yönelimi ve dönüş yönü gibi diğer pek çok nitelikleri için, aynı türden özellik açığa çıkarılacak mıydı? Elektron yörüngesinin sadece belirgin düzlemlerde olduğu ortaya çıkacak mıydı? Dönüşün de fizikçilerin dediği gibi "kuantize" olduğu gösterilebilecek miydi? Bu olasılıkları açıklamak için iki tane daha kuantum sayısı önerildi; m "uzay niceliği"ni tasvir etmek için önerildi. Uzay niceliği, elektronların yörünge düzleminin kimi sabit düzlemlerle yaptığı kabul edilebilir açılar (bir manyetik alanın dışardan etkilemesi gibi) anlamına geliyordu. Dördüncü kuantum sayısı s, sabit bir eksene göre elektronların sadece saat yönünde ya da aksi yönde dönme olasılığını belirtmek için eklendi. Bu, "yukarı dönüş" veya "aşağı dönüş" olarak adlandırılmıştır. Öyle görünüyor ki, söz konusu elektronların tüm özellikleri, bu dört kuantum sayısının kullanılmasıyla anlatılabiliyordu. Atomların yapısının neden sayılarla tasvir edilmesi gerektiği sorusu akla gelebilir. Bunun böyle olması gerektiği, ağır bir çekirdeğin etrafındaki elektronların düzenine bakıldığında kolaylıkla görülebilir. En aşağı yörüngedeki bir elektronun e kadar enerjisi varsa, son-



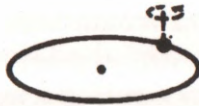
Nicelenmiş
yörüngeler



Nicelenmiş açısal
momentum



Nicelenmiş yörüngesel
düzlemler



Nicelenmiş dönüş

Dört kuantum sayısının anlamının temsili resmi

raki olası yörüngede 2 x e, sonrakinde 3 x e, ... kadar enerjisi olacaktır. 1, 2, 3,... sayıları n'nin, temel kuantum sayısının değerleridir. Bunlar elektronlar için olası yörüngeleri belirler. Stern-Gerlach aygıtının anlatacağım kullanımı, üçüncü bir kuantum sayısını sokma düşüncesinin doğru olup olmadığını test etmeye yönelikti.

Bu kuantum sayıları, elektronları tanecik olarak düşünmekten ve bunların belli davranışlarını mekaniğin geleneksel kurallarına uydurmak için ne tür değişikliklerin yapılması gerektiğiyle uğraşmaktan kaynaklandı. Ancak elektron demetlerinin, birbirleri ile ilişkilendirildikleri zaman, çok tuhaf davrandıkları zaten çok iyi belirlenmişti. Dalga gibi parazit etkileri gösteriyorlardı. Kırılarak ayrılabilirlerdi. Bu davranış, o dönemin standart fiziğinde bir diğer köklü değişikliği akla getirdi. Belki dalga-benzeri nitelikleri ve parça-benzeri nitelikleri bir biçimde birleşmiş olarak betimleyen kurallar vardı. De Broglie, geleneksel fizikte ayrı ve ilişkisiz görüngüler olarak görülen elektron davranışının iki yönünün aşağıdaki

dönüşüme göre birleştirilmesi gerektiğini öne sürdü: Dalga boyu Z, kütle taneciğinin mekanik yanları *m* ve hız *v* formülde şöyle bağlandı:

$$\lambda = h/mv,$$

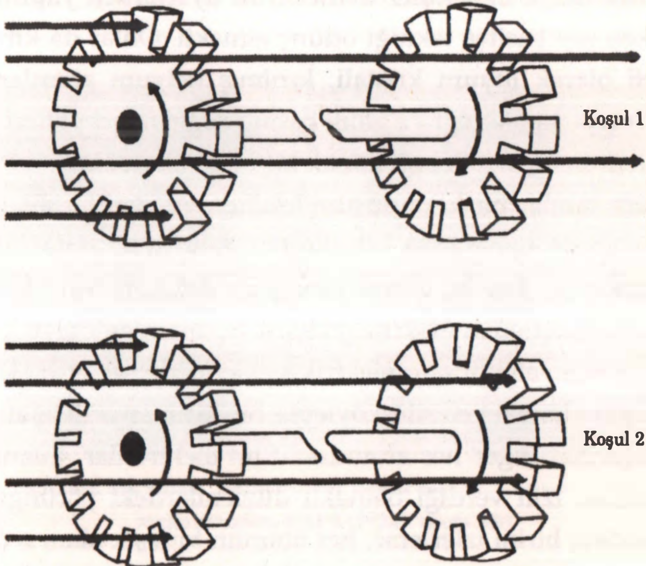
h, Planck sabitidir. Bu bağıntı, sadece elektronlar için değil, genel olarak sözgelimi atomlar için, gülleler, gezegenler için doğruysa ne olur? Açıkçası, Stern'in moleküler demeti bu düşünce için ideal test etme zemini olurdu. Eğer bir molekül demeti kırılarak ayrılabilseydi, o zaman, de Broglie ilkesi çok daha ciddi olarak genel bir fizik yasası biçiminde ele alınabilirdi. Moleküler demetler, bu düşüncenin test edilmesinde kullanılabilirdi.

Moleküler demetlerle yapılan deneyler

Stern'in yaptığı deneyin, fiziğin genel düzeyini yükseltmesi açısından taşıdığı önem açıktır. Ancak bu deney, genel olarak deneyler üzerine inceleme yapan araştırmacılar için başka bir ilgi odağı oluşturmaktadır. Bu da aygıtlar henüz geliştirilmişken daha tam olarak formüle edilmemiş kimi sorunlara yanıtlar bulmayı sağlayan bazı tekniklerin gücüdür.

Stern-Gerlach aygıtı üç alt aygıtın permütasyonu üzerine kurulmuştu. İlki aşağı yukarı aynı hızda olan moleküller (veya atomlar) demetini düzenleyen araçtır. Daha sonra oldukça kısa bir mesafede yeğinliği keskin kademeler halinde ayarlanabilen, hassas ölçeklenmiş bir manyetik alan üretimine yarayan düzenleme gelir. Sonuncusu, cisimlerin atomik boyutları olan dalga boylarının dalga hareketini saptırıp kırmaya elverişli kademeler sağlayacak metalik kristallerin kullanılmasını gerektiriyordu. Tabii bu üçüncüsü birleşik dalga hareketlerinin özelliklerini tanımlayan de Broglie yasalarının doğru olması koşuluna bağlıydı.

İşleme elverişli atomların demetini düzenlemek için Stern (yardımcısı Gerlach ile birlikte), içinden bu işleme uygun madde örneklerinin geçtiği yüksek sıcaklığa dayanıklı bir pota kullandı. Küçük bir yarık vakuma açıldı. Böylece itişi gerçekleştirecek sıcaklıkla birlikte bir demet atom üretilebiliyordu. Ama bunlar her çeşit enerjiye (hıza) sahipti. Dar bir aralıkta bunlar dışında tüm öteki hızları yok edebilmek için, Stern ve Gerlach, Fizeau'nun ışık hızını ölçmek için kullandığı düşünceyi uyguladılar. Sorun, atomların çok yüksek hızlarından kaynaklanmaktaydı. Eğer iki çark ters yönde dönecek biçimde aynı eksen üzerine yerleştirilirse, dişler arasından geçebilenler, geçiş zamanları iki yarığın üst üste gelme zamanına eşit olan atomlar olacaktır. Bunlar tam olarak geçebilecektir. Öyleyse iki çarkın oluşturduğu ikili sıradan geçebilenler kabaca aynı hıza sahiptirler.



Aynı hızda hareket eden atomları ayırmak için düzenleme.

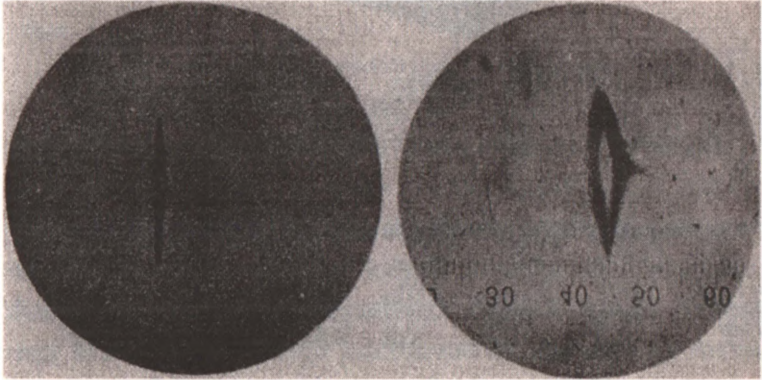
Aygıtların ikinci bölümü olan yüksek-yoğunluklu manyetik alanın geliştirilmesinde de aynı hüneri görmek mümkündür. Atomlar düzenek boyunca oldukça hızlı hareket ediyorlardı. Öyleyse herhangi seçilebilir etkinin ayırt edilebilmesi için, örneğin uzay niceliği gibi gizemli bir özellikten dolayı demetin kırılabilmesi için, manyetik alanın oldukça güçlü olması gerekir. Bir kutbun bıçak ağzı gibi, ötekinin yiv gibi biçimlenmesiyle aradaki dar boşluktan demetin geçmesini sağlayabilecek azami etki üretilmelidir.

Maddenin kırılmasını araştıran aygıtlar özel olarak herhangi bir yeni düzenleme gerektirmiyordu. Kristallerin elektronların kırılmasında kullanılmasına yarayan temel teknikler, 1927'de Elsasser tarafından geliştirilmiş ve Davisson ile Germer tarafından düzeltilmiştir. Öyleyse 1929 civarında Estermann ile Stern işbirliği içinde, maddenin kırılmasını incelemek üzere moleküler demetlerini uyarlarken yapmaları gereken şey basitçe tekniği ödünç almaktı. Onlar da kırılma hedefi olarak lityum kristali, kırılmış helyum atomlarının içinde toplanabileceği ve anlık basınç değişimleri yoluyla niceliklerinin ölçülebileceği küçük bir oda kullandılar.

Tüm bunlar bir kere düşünüldükten ve aygıtlar ayarlandıktan sonra, deneylerin kendileri olağandışı bir dolaysızlıkla gerçekleşir. İşte bu deney sürecinde dehanın kesin belirtisidir. Hareket eden elektrik yükleri bir manyetik alan yaratırlar. Dönen elektronlar elektrik yükleridirler ve atom kuramına göre hareket ederler; öyleyse bir tür manyetik alan yaratmalıdırlar. Eğer her atomdaki tüm elektronlar, kuantum kuramının izin verdiği olanaklı düzlemlerdeki yörüngelerden sadece birini izlerlerse, her atomun birleşik alanı o düzlemle bağdaşık olacaktır. O zaman dışsal bir manyetik alanın atomları etkilemesine izin verildiğinde, onlar içsel manyetik

alanlara bağlı olarak, o manyetik alana karşı oldukça belirli yönelimlerde bulunacaktır.

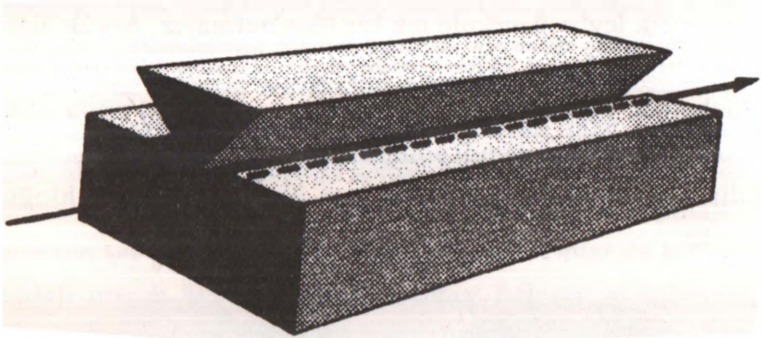
Eğer benim önceki alt bölümde açıkladığım gibi bir uzay niceliği olsaydı, bizim şimdi atomlar olarak tasarladığımız küçük manyetiklerin yönelimi keyfi olamazdı (sözgelimi "hepsi saat yönünde" olmazdı), ancak bu özel durumda Stern, üçüncü kuantum sayısının hesaplamalarında da öngörülen dışsal manyetik alanı, birbirinden bağımsız iki açıdan inceliyordu. Her yönelim elektronun dönmesi gereken düzlemle ilişkilidir. Eğer kesilen alanla demetin görüntüsüne bakarsak, fotografik levha üzerinde tek bir leke bulmayız. Ancak alan açıldığında demet ikiye ayrılmalıdır. Dönen elektronların düzlemine göre nicelenen atomlar bir yana, öteki açıya göre nicelenen atomlar, kendi yollarında, öbür yana doğru hareket edip uzaklaşacaklardır. Bu da tam olarak Stern'in bulduğu şeydir.



Işınların ayrışması. *Zeitschrift für Physik*'teki W. Gerlach'ın bir makalesinden, Cilt 9 (1924), sayfa 350.

Maddenin dalga doğasının gösterimi de aynı ölçüde dolaysızdır. Elsasser ve Davisson ile Gemer tarafından ya-

pılmış olan deneyler elektronların kırılabileceklerini gösteriyor. Bu, elektronların bazı dalga benzeri davranış modlarının açık kanıtıydı. Ancak bu daha özel bir durumdu ve genel bir madde-dalga eşitlemesi için kanıt olarak ele alınamazdı. Elektronlar kuşkusuz bir yandan maddi parçacıklar gibi, öte yandan da dalga gibi belli davranış karakterleri gösteriyorlar. Ancak helyum atomları görece toprağımsı ve basmakalıp madde parçalarıdır. Eğer bunlar kırınım etkileri gösterirlerse, de Broglie'nin madde ve dalganın tam eşitlenmesi konusundaki düşüncesi daha sağlam biçimde kurulurdu.



Stern-Gerlach aygıtı içindeki elektro mıknatısın kutup parçaları

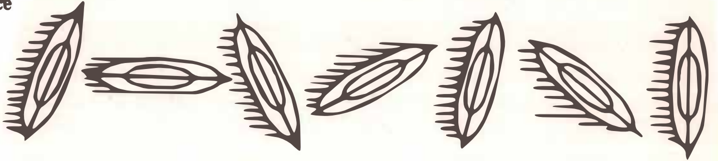
Deneylerin bu alanı için aygıtlar değişik bir düzene sokulmuştu. Demet üreten aygıt ve onun ters yönlerde dönen çarkları, tüm atomların aynı hızda hareket ettiklerini kesinleştirmek için kullanılıyordu. Demet-üretici hedef olarak kullanılan bir lityum kristali, atomların kırınım açılarını ölçmek üzere bir dedektör ile büyütüldü. Eğer mekanik olarak yansıtılsalardı, bir parçacıklar akışı gibi davranarak, tenis toplarının vole ile geri gönderildiklerinde davrandıkları gibi, yansıma açısı aşağı yukarı geliş açısıyla aynı olurdu. Ama eğer kırılsalardı, bir dalga gibi davranarak, kırılmış bir dalga gibi, kırılmış atomların açılıp dağılması gerçekleşmeliydi.

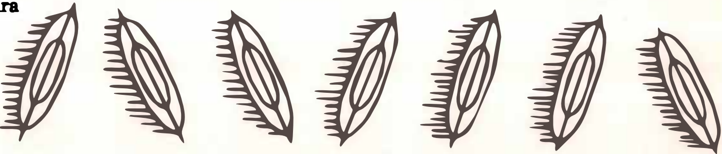
Yine Stern bu soruya dolaysız ve basit bir yanıt vermek üzere bir deney tasarladı.

Her ne kadar sonuç bir veya iki kuşak önceki fizikçiler için kavranamazsa da, Stern ve Estermann'ın bekledikleri dağılım ve hızı elde etmeleri şaşırtıcı değildir. Onların küçük toplama kaplarındaki basınç belirli bir tepe noktaya ulaşıyordu, bu da dalga biçiminde davranış gösteren helyum atomlarını andırıyordu.

Stern ve meslektaşlarından sonra gelişmeler

Stern'in öğrencileri de öğrenci sahibi oldukça, moleküler ışın laboratuvarlarının sayısı da artış gösteriyordu. Gereçler oldukça gelişmişti; ışının değişik maddeler üzerindeki etkilerini araştırmanın yeni yolları bulunmuştu. Her ne kadar bu alanda birçok ustaca işin başarıldığı doğruysa da, en temel noktalara bu alanının kurucusu Otto Stern'in kendisinin ulaştığı söylenebilir.





Atomların yöneliminde manyetik alanın değiştirilmesinin etkisi

Oldukça tatmin edici olmasına karşın Thomson ve Rutherford tarafından önerilen atomaltı parçacıklara ilişkin bir dizi gösterim yeni kavramlar tarafından çözülmekteydiler. De

Broglie'nin kurallarını, olağandışı bir biçimde, bütün maddi şeyleri kapsayacak şekilde genelleştirmesi, görece kütlesi fazla olan cisimlerde de, örneğin bütün bir atomda, dalgamsı etkilerin olasılığını gündeme getiriyordu. Onun yaptığı genellemelerle ortaya çıkan sonuçların, doğabilimlerinin metafizik temellerine tam olarak oturduğu henüz söylenemez.

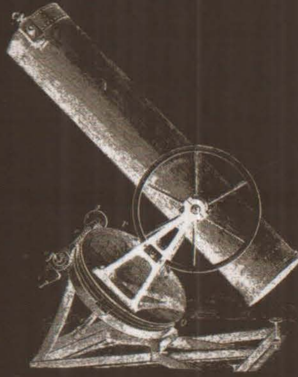
Ek okumalar

Özgün biçimler Almancadır. *Zeitschrift für Physik*, 9 (1922), s. 349-352'de bulunabilir; yazarlar W. Gundlach ve O. Stern. Ayrıca *Zeitschrift für Physik*, 61 (1930), s. 95'te I. Estermann ve O. Stern'in makalesi bulunmaktadır.

Estermann, I., (ed.), *Recent Research in Molecular Beams*, Otto Stern'e 70. doğum yıldönümü dolayısıyla adanmış toplu makaleler, New York - Londra, s. 1-7, 1959.

Schonland, B., *The Atomist 1805-1923*, Oxford, 11. Bölüm, 1968.

Bu kitapta insan becerisi ve dehasını canlı bir üslupla anlatan yirmi bilim öyküsü okuyacaksınız. Bilim tarihi açısından büyük önem taşıyan deneyleri konu alan öyküler teoriler, araştırmalar, fikirler ve gerçekler arasındaki ilişkilere dair çok çarpıcı bilgiler veriyor ve Aristoteles'in embriyoloji çalışmalarından Otto Stern'in nükleer fizik araştırmalarına kadar pek çok ilginç konuya değiniyor. Her deney en son bilimsel gelişmelerin ışığında ele alınıyor. Renkli anlatım üslubu belge değeri taşıyan fotoğraf ve gravürlerle destekleniyor.





internet satış:
www.saykitap.com 17,50 TL
ISBN 978-605-02-0341-7



Popüler Bilim

SAY YAYINLARI